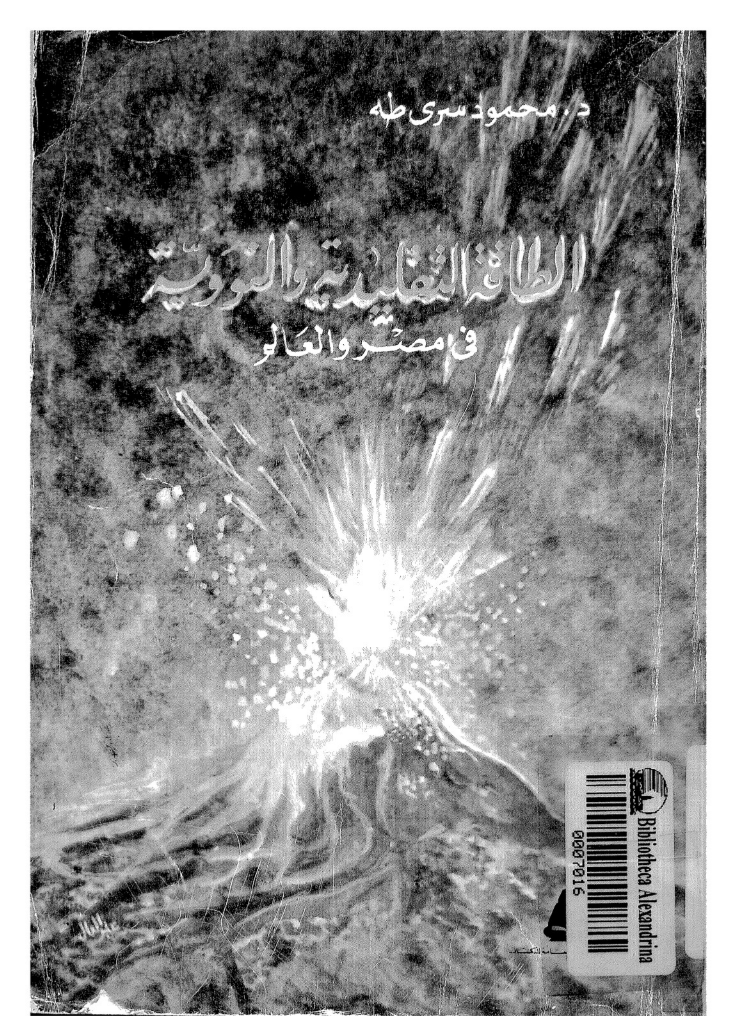

د. محمود سرى طه
الطاقة التقليدية والنووية
في مصر والعالم
Bibliotheca Alexandrina
0007016

الطاقة التقليدية والنووية
في مصر والعالم

دكتور محمود سري طه



الهيئة المصرية العامة للكتاب

١٩٨٦

الاخراج الفني : آلبير جورجي

بسم الله الرحمن الرحيم

« وقل رب زدني علما »

صدق الله العظيم

إهـــداء

الى روح والدى ووالدتى رحمهما الله

الى شريكة حياتى ... أم أولادى

وائل ـ نادر ـ بروين

اهدى هذا الكتاب

شكر وتقدير

يشكر مؤلف هــذا الكتــاب أستاذه الجليل الأستاذ الدكتور / محمود عبد الباقى القشيرى صاحب فكرة تأليف الكتـاب لتوجيهاته القيمـة كمـا يشـكر السيد الدكتور / عماد الشرقاوى نائب رئيس هيئة كهرباء مصر على تشـجيعه الأدبى وارشاداته ٠

محمود سرى

مقدمة

مما لا شك فيه ان أزمة الطاقة أصبحت الشغل الشاغل لعالم اليوم واصبحت حقول انتاج الطاقة والطرق التى تسلكها من حقول الانتاج الى مراكز الاستهلاك هى بؤرة الصراعات العالمية مهما اختلفت هوية المتصارعين وأيديولوجياتهم ومحورا لاستراتيجيات الدول فى علاقاتهم المتبادلة مع بعضها البعض ٠

وتتلخص أزمة الطاقة فى صعوبة اجراء التوازن بين كميات الانتاج والطلب أو الاستهلاك فالطلب العالمى على الطاقة فى تزايد مستمر ومع معدلات استكشاف الحقول الجديدة أو تطوير الحقول الحالية تجعل من الاعتقاد بقرب نضوب هذه الحقول أو المصادر حقيقة مؤكدة حتى ان كل الخبراء العالميين توقعوا نضوب المصادر التقليدية للنفط خلال العقدين الأولين من القرن الحادى والعشرين هذا ما لم تتخذ اجراءات فعالة للكشف عن مصادر جديدة للطاقة وتطوير الحقول المتواجدة حاليا مع تطوير التكنولوجيات القائمة وتدخل الحكومات والهيئات الدولية لدعم الاستثمارات لمواجهة عمليات الاستكشاف والتطوير ٠ هذا بطبيعة الحال جنبا الى جنب مع السير قدما فى اجراءات ترشيد استهلاك الطاقة ٠

وأزمة الطاقة هذه وان ظهرت بوادرها مع بداية عقد السبعينات الا ان ذروة الاحساس بها لم يتبلور الا بعد حرب رمضان ـ أكتوبر ١٩٧٣ المجيدة وفرض الحظر البترولى على الدول غير الصديقة للعرب ٠

ومنذ ذلك الوقت اتخذت عدة اجراءات من جانبى الدول المصدرة والدول الرئيسية المستهلكة للطاقة بغية الوصول الى حل للأزمة يرضى عنه الجانبان ٠ فظهرت أبحاث ومؤلفات وعقدت مؤتمرات لمناقشة الأزمة أما ضمن اطار مؤتمرات للحوار بين الشمال والجنوب (لمحاولة وضع أسس اقتصادية تنظم العلاقات بين دول العالم فى هذا المجال ٠ وهذه انتهت تقريبا بالفشل فى الوصول الى توصيات فعالة) أو مؤتمرات عقدت خصيصا للطاقة كمؤتمرى اسطنبول عام ١٩٧٧ ونيروبى عام ١٩٨١

(والتى انتهت الى توصيات لم تظهر آثارها بشكل فعال بعد) • أو مؤتمرات بين أعضاء منظمة الدول العربية المصدرة للنفط (أوابك) لوضع سياسة موحدة للأسعار ومعدلات الانتاج (وهذه نجحت فى تحقيق بعض المكاسب السياسية من جراء ذلك) أو اجتماعات بين الدول الرئيسية المستهلكة للطاقة (أعضاء الوكالة الدولية للطاقة وهى تناظر منظمة أوبك) أو أحيانا بين دول منظمة التعاون الاقتصادى والتنمية • أو دول السوق الأوربية المشتركة وذلك لوضع سياسة موحدة تجاه الأوبك •

والحقيقة فان موضوع الطاقة متشعب الجوانب ويصعب تغطيته فى كتاب واحد • وقد رأيت أن يتناول هذا الكتاب الطاقة التقليدية والطاقة النووية وهما يمثلان الجانب الأعظم من مصادر الطاقة المعروفة • وقد تناول هذا الكتاب هذان الجانبان فى بابين رئيسيين :

الباب الأول : وهو الطاقة التقليدية وحرر فى سبعة فصول هى

الفصل الأول : عرض لأزمة الطاقة وتطورات حلها واحتوائها •

ويشمل هذا الفصل على عرض موجز لمصادر الطاقة التقليدية وغير التقليدية ــ الظروف العالمية فى الماضى والحاضر ــ مواقف أو سياسات الدول المنتجة والدول المستهلكة الرئيسية للنفط ــ الاحتمالات المستقبلية للطاقة فى العالم ــ تصورات احتواء أزمة الطاقة •

الفصل الثانى : النفط •

ويشمل هذا الفصل على عرض موجز لأنواع النفوط التقليدية وغير التقليدية واحتياطيات العالم من كل منها ثم التحليل والتعليق بالنسبة لكل منها ــ عرض للتكنولوجيا المتاحة والبرامج العالمية لاستخراج النفوط غير التقليدية ــ عرض الشروط اللازمة للحصول على أعلى طاقة انتاجية للنفط •

الفصل الثالث : الغاز الطبيعى •

ويشمل هذا الفصل على عرض للمشاكل الأساسية لاستخدامات الغاز الطبيعى ثم تقديرات الطاقة الانتاجية العالمية له حاضرا ومستقبلا وتحليل وتعليق عليها ــ التوقعات المستقبلية للطلب على الغاز فى كل من أمريكا الشمالية وأوربا الغربية واليابان ــ توقعات التجارة الدولية للغاز الطبيعى مستقبلا •

الفصل الرابع : الفحم ·

ويشمل هذا الفصل على الوضع العالمى للفحم وتقديرات احتياطياته وانتاجه مستقبليا ثم تحليل وتقييم للبيانات من حيث مناطق تواجد الفحم ، ثم انتاجه وامكانات زيادة هذا الانتاج ثم تعليق وعرض للآراء من حيث العوامل التى يمكن ان تعرقل زيادة الانتاج وامكانية مواجهة عنق الزجاجة بالنسبة لتواجد الفحم ثم بالنسبة لحركة التجارة العالمية للفحم ـ تصورات لدور الحكومات والهيئات الدولية لتشجيع التحول لاستخدام الفحم وعرض لاحدى وجهات النظر بالنسبة لتغيير الفحم وأخيرا خلاصة السياسة الفحمية فى العالم ·

الفصل الخامس : الطاقة المائية ·

ويشمل هذا الفصل على عرض للمزايا الأساسية للطاقة المائية ـ التطور فى استغلالها ـ العوامل التى تؤثر على تطوير هذه المصادر متطلبات التطور العالمى المستقبلى لها تقدير للاستثمارات اللازمة ثم تحليل للبيانات ·

الفصل السادس : مصادر الطاقة التقليدية فى مصر ·

ويشمل هذا الفصل على مقارنة سريعة بين احتياطيات مصر الى احتياطيات العالم من مصادر الطاقة التقليدية ثم عرض سريع بالنسبة لمصادر الطاقة فيها من البترول والغاز الطبيعى والفحم والطاقة المائية وتطورات انتاج واستهلاك الطاقة ومواقع انتاجها ومجهودات الوزارات المعنية ·

الفصل السابع : تكنولوجيا تخزين الطاقة ·

ويشمل هذا الفصل على تطور فكرة تخزين الطاقة ووسائل التخزين المختلفة مع عرض تفصيلى للوسائل التجارية منها ·

والباب الثانى : عن الطاقة النووية وحرر فى ستة فصول هى :

الفصل الأول : تعريف بالطاقة النووية وتطوراتها فى العالم ·

ويشمل هذا الفصل على لمحة تاريخية ونبذة عن الوضع العالمى للطاقة النووية ـ كيفية عمل محطات توليد الكهرباء وأنواع المفاعلات النووية مع نبذة عن موضوع طاقة الاندماج النووى ـ عرض المعلومات وأرقام ذات دلالة خاصة لالقاء الضوء على حجم ايجابيات وسلبيات

استخدام الطاقة النووية ثم عرض لحجم النفايا النووية وطرق التخلص منهـا ٠

الفصل الثانى : دور الطاقة النووية لحل مشكلة الطاقة فى العالم ٠

ويشمل هذا الفصل على عرض لتدرج نسبة مساهمة الطاقة النووية فى مواجهة الطلب على الطاقة الكهربائيـة ــ تقديرات معدلات التنميـة النووية ــ عرض للسيناريوهات النووية فى العالم ٠

الفصل الثالث : الوقود النووى ٠

ويشمل هذا الفصل على تقديرات الطلب على الوقود النووى فى العالم وفقا للسيناريوهات النووية المختلفة تقديرات لمصادر اليورانيوم فى العالم من تقليدية وغير تقليدية والمصادر غير المستكشفة لليورانيوم وتصور متطلبات الاستكشاف لمقابلة الطلب العالمى عليه التحسينات فى استغلال الوقود والمتطلبات العالمية لأعمال فصلة خلاصة وتعليق عن وضع ومستقبل الطاقة النووية فى العالم ٠

الفصل الرابع : حول العالم مع الطاقة النووية ٠

ويشمل هذا الفصل على بيان لمواقع وعدد وسعة المفاعلات النووية القائمة والمزمع انشاؤها فى العالم وعرض لسياسات انشاء المحطات النووية فى الولايات المتحدة الأمريكية وكندا ودول أوربا الغربية واليابان ودول الكتلة الشرقية ثم التعليق ٠

الفصل الخامس : مصر وعصر الطاقة النووية ٠

ويشمل هذا الفصل على أسباب حتمية الطاقة النووية لمصر والجهود المصرية المبذولة للانتقال الى عصر الطاقة النووية ــ عرض وتحليل لمجالات تعاون الدول النووية مع مصر بالنسبة لكل من الولايات المتحدة الأمريكية وكندا وفرنسا والمانيا الاتحادية والمملكة المتحدة واستراليا والسويد ــ أضواء على كل من مفاعلات الماء المضغوط ومفاعلات الماء الثقيل من طراز « كاندو » ــ مصادر الوقود النووى فى مصر ٠

الفصل السادس : حادث المفاعل النووى بولاية بنسلفانيا الأمريكية ــ الأمريكية ٠

ويشمل هذا الفصل على عرض تفصيلى لحالة المفاعل قبل وعند بداية الحادث ثم التركيز على نقطة اللاعودة فى الحادث ومدى تأثر الرأى العام الأمريكى بهذا الحادث ـ الوضع الحالى والمستقبلى للطاقة النووية وأخيرا طرح رأى بالنسبة لحل معادلة استخراج الطاقة النووية سلميا ٠

ثم يتناول الكتاب شرحا لتعريفات وردت به ٠

وأخيرا يتناول المراجع وهى تشمل كلا من المراجع العربية والأجنبية التى استخدمها المؤلف ٠

الباب الأول

الطاقة التقليدية

● **الفصل الأول**

عرض لأزمة الطاقة وتصورات حلها واحتوائها

يمكن القول بأن الانسان يطلب الطاقة بأربعة أشكال محددة :

١ ـ طاقة حرارية لتدفئة المساكن والمباني ولطهي الطعام ولتسخين المياه ولأغراض صناعية كثيرة ٠

٢ ـ طاقة ميكانيكيـة لادارة المحركات (التوربينات بأنواعهـا ـ المحركات الكهربائية ٠٠٠ الخ) لتسيير المركبات فى البر والبحر والجو أو للعمليات الصناعية وخلافه ٠

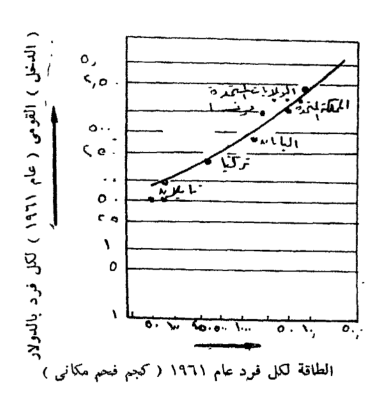
٣ ـ **طاقة كيماوية** : لعمليات التصنيع الكيماوية والتعدين ٠

٤ ـ **طاقة اشعاعية** : كالضوء والاتصالات السلكية واللاسلكية ٠

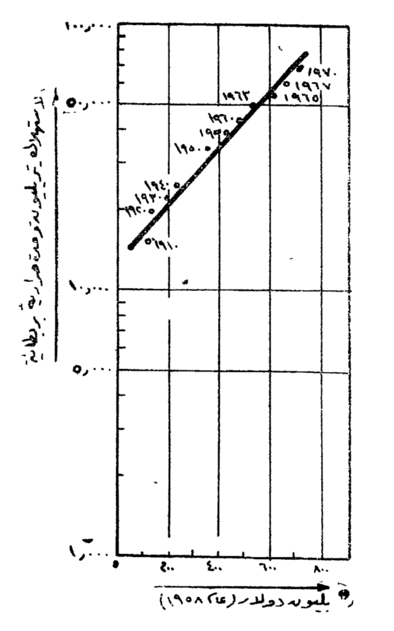
وقد زاد الاستهلاك الاجمالى للطاقة فى العالم خلال السبعين سنة الماضية زيادة كبيرة وتقدر زيادة الاستهلاك السنوى للفترة ما بين ١٩٥٠ الى ١٩٧٠ بحوالى ١ر٥٪ وتشير جميع الدلائل الى ان استهلاك جميع أنواع الطاقة فى مختلف بلدان العالم سيرتفع ارتفاعا كبيرا مستقبليا سواء بالنسبة للبلاد المتقدمة صناعيا واقتصاديا ـ سعيا للمحافظة على مستوى معيشتها وتحسينه ـ أو بالنسبة للبلاد النامية لتحقيق دخل قومى أعلى وتحسين الأحوال العامة فى بلادها ٠ ولقد ثبت ـ خلال فترة قدرها خمسون عاما ـ ان هناك عـلاقة خطية استطرادية بين الدخل القومى لبلد ما وبين ما يستهلكة من طاقة حيث أصبحت جملة استهلاك بلد ما من الطاقة مؤشرا معترفا به عالميا ـ لاجمالى انتاجها القومى ليصبح نصيب الفرد فى بلد ما من الطاقة الكهربائية سنويا مقياسا لنصيب هذا الفرد من اجمالى الانتاج القومى لبلده ، ومن ثم لمستوى المعيشـة لهذا البلد ٠ ويبين الشكل (١ ـ ١) العلاقة بين نصيب الفرد من الطاقة

ونصيبه من الدخل . والشكل (١ ــ ٢) العلاقة بين اجمالى استهلاك الطاقة واجمــالى الانتاج القومى فى الولايات المتحدة من عام ١٩٠٢ ــ ١٩٧٠ .

فعلى سبيل المثال فالبلاد المتقدمة صناعيا مثل الدول الاسكندنافية وكندا والولايات المتحدة الأمريكية يبلغ الفرد فيها من الطاقة الكهربائية سنويا أكثر من عشر أو اثنى عشر ألف كيلو وات ساعة بينما يبلغ فى اليمن حوالى ثلاثة كيلو وات ساعة فقط وبالنسبة لجمهورية مصر يبلغ معدل استهلاك الفرد حاليا حوالى أربعمائة وخمسين كيلو وات ساعة ويخطط للوصول بهذا الرقم الى ألف وخمسمائة كيلو وات ساعة عام ٢٠٠٠ .



شكل (١ ــ ١) : العلاقة بين نصيب الفرد من كل من الطاقة والدخل القومى لعدة دول



(شكل ١ ـ ٢) : العلاقة بين اجمالى استهلاك الطاقة والانتاج القومى للولايات المتحدة خلال الفترة ١٩٠٢ حتى ١٩٧٠

ولكن ما هى مصادر الطاقة :

يمكن تقسيم مصادر الطاقة الى فصيلتين متميزتين هما :

أولا : مصادر الطاقة التقليدية : وهى تمثل أنواع الطاقة التى يمكن توليدها فى الأحوال العادية على نطاق تجارى وتشمل :

١ ــ الطاقة المائية : مثل توليد الطاقة من الشلالات أو الخزانات والسدود الصناعية التى تقام على الانهار ٠ وهذا النوع اضافة الى مزاياه المتعددة من حيث رخص التكاليف ونظافته فهو نوع متجدد وليس مستنفدا٠

٢ ــ الطاقة الحرارية : الناتجـــة من حرق أنواع الوقود الحفرى واستخدامها أما فى أغراض التسخين والتدفئة أو لادارة التوربينات أو المحركات ٠ وتشتمل على النفط ونواتجه (مازوت ــ بنزين ــ سولار ــ كيروسين ــ نافتا ــ الغازات المصاحبة للنفط ٠٠٠ الخ) والغازات الطبيعية والفحم ٠ وبطبيعة الحال فهى طاقة مستنفدة ٠

ثانيا :مصادر الطاقة غير التقليدية : وهى التى من غير الممكن ــ فى ظل الظروف التكنولوجية والاقتصادية الحالية ــ انتاجها على نطاق تجارى وتشمل :

١ ــ الطاقة النووية : على الرغم من ان كثيرا من المراجع تعتبرها طاقة تقليدية الا ان شدة حاجة العالم اليها لحل مشــاكل الطاقة دفع المؤسسات العلمية والصناعية الى انتاج مفاعلات ذات حجم تجارى وصل الى ١٥٠ ، ١٠٠ ميجاوات للوحدة حتى يمكنها منافسة المحطات التى تولد الكهرباء بالطرق التقليدية ٠

٢ ــ الطاقة الشمسية : ويقصد بها الطاقة المشتقة من أشعة الشمس مباشرة وذلك لأغراض التسخين ــ تجفيف الحاصــلات الزراعية ــ أو بتحويلها الى كهرباء باستخدام الخلايا الفوتوفولطية ٠

٣ ــ طاقة الرياح : وعلى الرغم من انهــا من أقدم صــور الطاقة استخداما الا أن انتشارها كوسيلة رئيسية لتوليد الطاقة الكهربائية قد تأخر ويرجع ذلك أساسا لتغير سرعة الرياح وعدم استمراريتها الا انه قد أجريت أبحاث مستفيضة لتطويعها ــ وخاصة فى جامعــة أوكلاهوما بالولايات المتحدة ــ وأمكن فعلا تطوير وسائل الاستفادة من هذه الطاقة ٠

٤ ــ طاقة المد والجزر : فى بعض المناطق البحرية ــ يمكن خلال المد والجزر تغير ارتفاع منسوب المياه الى حوالى ٢٠ (عشرين) مترا فى خلال ١٢ ساعة ويحجز هذه الكميات الكبيرة من المياه لتمر خلال توربينات مائية أمكن انتاج قدرة ٣٠٠ ميجاوات فى فرنسا وبطبيعة الحال هنالك جهود من بعض الدول لمضاعفة هذا الرقم ٠

٥ ـ **طاقة الأمواج** : الأمواج فى البحار تحتوى على كل من طاقة وضع ناتجة من فارق المنسوب بين قمة وقاع الموجة ـ وكذلك طاقة حركة نتيجة الحركة المستمرة لجزئيات الماء · فالموجة التى يبلغ ارتفاعها ٣ أمتار وطولها ٣٠ مترا (المسافة بين قمتين أو قاعين متتاليين) يمكن ان تولد قدرة مقدارها ١٠٠ حصان ·

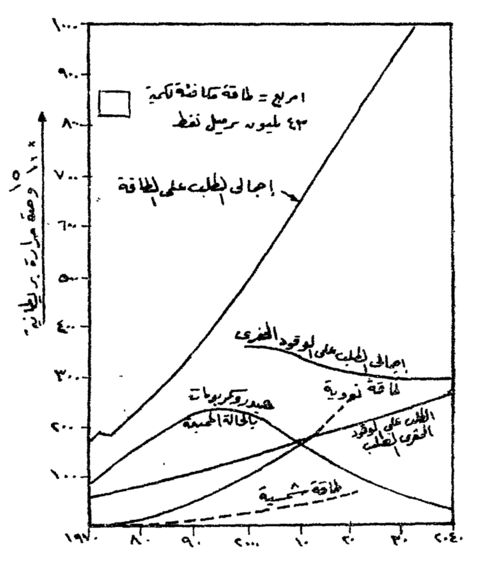
٦ ـ **طاقة حرارة الأرض** : نظرا لارتفاع درجة حرارة باطن الأرض فيخرج أحيانا منها بخار ماء فى بعض المواقع على سطح الأرض من تشققات قشرتها · وقد أمكن الاستفادة عمليا من هذه الأبخرة فى بعض أماكن فى العالم مثل ايطاليا وايسلندا وذلك بحفر آبار تصل أعماقها حتى ٥٠٠ متر لاستغلال البخار فى التدفئة أو التسخين أو لادارة التوربينات البخارية ·

٧ ـ **طاقة الكتلة (الكمية) العضوية** : وذلك بحرق المواد العضوية مثل الفضلات الحيوانية أو الزراعية أما للاستخدام المباشر لتسخين المياه أو الطهى (أو ما شابه مثل أفران الخبز على سبيل المثال) أو لتوليد الكهرباء بحرق الفضلات (القمامة) الصلبة واستخدام الحرارة الناتجة فى توليد بخار الماء اللازم لتوليد الكهرباء أو استخدامها لتوليد غازات ذات قيمة حرارية عالية هذا اضافة الى امكانية استخدامها لمعالجة الأسمدة الطبيعية ·

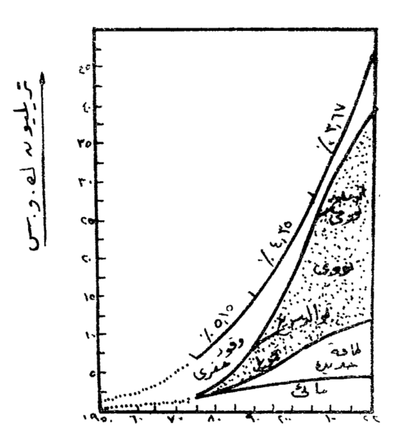
وجدير بالذكر ان بعض الدول تقوم حاليا بزيادة رصيدها من مصادر الطاقة بالتوسع فى زراعة المحاصيل الزراعية التى تحتوى على مواد عضوية مثل قصب السكر كما فعلت البرازيل ـ بغرض توليد الطاقة وان لم تعم التجربة ـ وذلك لحين ثبوت جدواها فنيا واقتصاديا ·

ويبين الشكل رقم (١ ـ ٣) مقدار ما استهلكه العالم ـ والمتوقع استهلاكه حتى عام ٢٠٢٠ من الطاقة من المصادر المختلفة كما جاء فى مجلة « عالم الكهرباء فى عددها الصادر فى ١ نوفمبر ١٩٧٥ » ·

أما الشكل رقم (١ ـ ٤) فيبين مقدار الطاقة الكهربائية التى استهلكها العالم ـ وكذا المتوقع استهلاكا من عام ١٩٥٠ حتى عام ٢٠٢٠ « باستخدام المصادر المختلفة » كما جاء بنفس العدد من المجلة المذكورة ·



شكل (١ ـ ٣) : الاستهلاك العالمى للطاقة من ١٩٧٠ حتى ٢٠٤٠

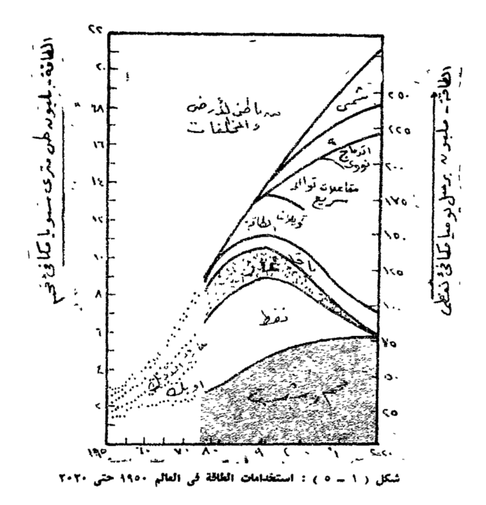


شكل (١ ـ ٤) : توليد الكهرباء فى العالم من ١٩٥٠ حتى ٢٠٢٠

الظروف العالمية للطاقة فى الماضى والحاضر :

أولا : ما قبل حرب رمضان ـ أكتوبر ١٩٧٣ :

تميزت ظروف الطاقة فى الخمسينات والستينات من هذا القرن بالاستقرار وبرخص التكلفة مع زيادة الاستهلاك العالمى منها · وفى منتصف الستينات أصبح النفط هو المصدر الأول فى العالم بعد ان ازاح الفحم الى المرتبة الثانية · كما ان الغاز الطبيعى بدا يساهم بنسبة أكبر فى الطاقة العالمية · وشهدت هذه الفترة نموا فى الاعتماد على نفط الشرق الأوسط · وفى أوروبا سببت أزمة قناة السويس عام ١٩٥٦ وفيما بعدها حرب يونيو ١٩٦٧ بعض الاضطرابات المؤقتة فى امدادات النفط ولكنها سرعان ما تلاشى ذكرها ـ حيث المرونة والسعة الاحتياطية للصناعات النفطية العالمية ـ وأمكنها التغلب على هذه الصعوبات بسرعة كبيرة ·



شكل (١ ــ ٥) : استخدامات الطاقة فى العالم ١٩٥٠ حتى ٢٠٢٠

وفى مطلع السبعينات كانت هناك زيادة طفيفة فى أسعار الطاقة حيث بدأ صوت البلدان المنتجة للنفط يرتفع مطالبا باعادة تقييم أسعاره ومن ثم بدأ المناخ العام الذى تعمل فيه الصناعة العالمية فى التغير ٠

ثانيا : من أكتوبر ١٩٧٣ الى مارس ١٩٧٤ :

حين اندلعت الحرب من جديد بين العرب واسرائيل أعلنت منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك) تخفيض مستويات انتاجها من البترول وتخفيض مستوى صادراتها الى البلدان غير الصديقة للعرب ومقاطعة الدول المعادية لهم وفى الفترة من أكتوبر الى ديسمبر ١٩٧٣ حيث أعلنت جميع دول مجموعة البلدان المصدرة للبترول (أوبك) زيادة أسعار بترولها وفى منطقة الخليج العربى كانت الزيادة من ٣ دولارات الى ١١٫٦٥ دولار للبرميل الواحد (الطن الواحد = ٧ براميل تقريبا) ومنذ ذلك الوقت أخذت الزيادة فى أسعار النفط فى اطراد مستمر ٠ وهكذا

في فترة زمنية وجيزة جدا كان هناك انتقال عالمي من طاقة رخيصة التكلفة الى طاقة ذات تكلفة عالية مما كان له أكبر الأثر - عالميا - على جميع الدول سواء في اعادة تخطيطاتها السياسية والاقتصادية أو العلاقات بين الدول بعضها البعض ·

ثالثا : من مارس ١٩٧٤ وحتى تاريخه :

حدث تغير كبير في شئون الطاقة العالمية المعقدة والمتعددة الجوانب ولعل أبرزها هو :

١ - تبادل الأدوار · ففي السابق كان معظم الانتاج العالمي من النفط تحت سيطرة شركات النفط العالمية غير المحدودة (ويشار اليها بالأخوات السبعة) أما بعد عام ١٩٧٤ والى الآن انتقلت مقاليد الأمور بصورة تكاد تكون نهائية الى حكومات البلدان المنتجة للنفط وبدأت فعلا شركات النفط الوطنية تلعب دورا رئيسيا في الصناعات النفطية ·

٢ - الصراع العالمي على المناطق الغنية بمصادر الطاقة أو التي تتحكم في طرق نقلها وأصبح الكفاح من أجل هذا الهدف يتزايد وكما ترمز الى ذلك تحركات الاتحاد السوفيتي في أفغانستان وأفريقيا ثم منطقة الخليج العربي وخضعت الأولويات الجيوبوليتكية لبعض التغير حيث أصبح معروفا ان مركز الجاذبية في العالم قد انتقل من موقعه التقليدي - أي الهلال الخصيب ومصر - الى منطقة الخليج العربي واكتسبت السيطرة على النفط ومياه الخليج ومضيق هرمز أهمية جديدة · أي باختصار شديد أصبحت قضايا الطاقة الجيوبوليتكس تدعم بعضها بعضا ·

٣ - بدأ العالم يعطي مشكلة البحث عن مصادر جديدة للطاقة وتخزينها وترشيد استهلاكها أولوية خاصة جعلتها على رأس المشكلات في عالمنا المعاصر بل لا نبالغ اذا قلنا ان مشكلة الطاقة كان لها أكبر الآثار السياسية والاجتماعية والاقتصادية على العالم خلال هذا القرن - اذا استثنينا بطبيعة الحال الحروب العالمية الأولى والثانية - ويكفي أن نقول أن نسبة كبيرة من الأبحاث العلمية التي تجري في المؤسسات العالمية تخدم - بشكل أو بآخر - موضوع ايجاد حلول لأزمة الطاقة في العالم ·

لكن من المسئول عن الارتفاع الجنوني في أسعار النفط :

نرى انه مما لا يدع مجالا للشك فان اللوم يقع على الدول المستوردة للنفط - ومصادر الطاقة الأولية بشكل عام - وحدها ونرى أنها تتحمل

وحدها مسئولية هذا الارتفاع الجنونى فى أسعار النفط . فمن الواضح أن منظمة الدول المنتجة للنفط لا يمكن أن تحتفظ بالسعر الرسمى الذى حددته ما دام جزءا كبيرا من نفطها تشتريه الدول المستوردة أو الشركات من الأسواق بأثمان اعلى كثيرا من السعر الذى حددته هى . فلا يعقل على سبيل المثال أن تحدد الدول المنتجة للنفط ثمنا للنفط ٣٤ دولارا أمريكيا للبرميل مثلا ثم تشتريه الدول المستوردة من سوق روتردام بهولندا بحوالى ٤٠ دولارا أو أكثر دون أن تتحرك الدول المنتجة لرفع سعر نفطها (★) .

ومن الطبيعى والحالة هذه أن تحاول دول الأوبك بيع المزيد من نفطها مباشرة أو عن طريق وسطاء بأثمان فورية ومرتفعة . وهذا يعنى نقصا فى كميات النفط التى كان عملاء دول الأوبك يحصلون عليها فى الماضى واضطروا للاستعانة بالشركات التجارية ليضمنوا الكميات التى يحتاجونها من النفط وأبدوا استعدادهم لدفع أى ثمن يطلب منهم .

وقد اتضح بما لا يدع مجالا للشك أن هذا الموقف يشكل خطرا على اقتصاد الدول المستوردة للنفط ومنها طبعا العالم العربى وان الأمر يتطلب تنسيقا وتعاونا بين الدول المستوردة وشركاتها اذا أردنا حقا ايقاف حمى شراء النفط . وقد كان لزاما على أهم الدول المستوردة للنفط أن تتبع سياسة حازمة وألا تشترى النفط بسعر أعلى من مستوى أسعار دول الأوبك وفى نفس الوقت كان عليها ان تضع نظاما دوليا وقوميا يضمن لجميع الدول والشركات أنصبة عادلة من النفط المتوفر بأسعار الأوبك .

ويقدر أحد الكتاب الغربيين أن دول الأوبك استطاعت تكديس فوائض تبلغ ١١٥ بليون دولار عام ١٩٨٠ ومع استمرار تراكم الفوائض البترولية لا بد أن يتدهور موقف ميزان المدفوعات فى الدول المستوردة للنفط بسرعة خطيرة وسيتعرض كل من النظام الاقليمى والدولى لمخاطر الركود وبطء معدل النمو ومن ثم ارتفاع معدلات التضخم والبطالة .

ولكن الى أى شىء تسعى الدول المنتجة للنفط ؟

تسعى الدول المنتجة للنفط حاليا الى رفع السعر بمعدلات تفوق معدلات التضخم . كما تعمل أيضا على زيادة قيمة صادراتها النفطية عن

(★) **ملاحظة** : بعد أن تضامنت الدول المستهلكة للنفط باغراق أسواقه بكميات كبيرة منه ومع اجراءات الترشيد والبحث عن مصادر بديلة للطاقة انقلب الوضع حاليا وأصبح النفط يباع فى الأسواق بأقل من السعر الذى تحدده منظمة الأوبك .

طريق اضافة التكرير والبتروكيماويات وعمليات النقل الى برامجها . وهذا يعنى اضافة أعباء أخرى على الدول المستوردة للنفط وبالتالى زيادة الفوائض البترودولارية أكثر وأكثر .

والسؤال الذى يطرح نفسه بالحاح هو « هل ستستمر الدول المنتجة للنفط فى مواصلة انتاجها رغم علمها تماما بأنها تستبدل نفطا مخزونا داخل الأرض وتزداد قيمته مع مر الأيام بمبالغ نقدية تنخفض قيمتها مع التضخم ؟ » . وكما نعلم ويعلم الجميع فان تخفيض الانتاج لا يعنى اطالة عمر احتياطاتهم النفطية فحسب بل سيزيد دخل الدول المنتجة نظرا لزيادة سعره مع مرور الزمن .

حقا ان الاقتصاد العالمى سيعانى كثيرا من أى نقص فى انتاج النفط . ولكن بالنسبة للدول المنتجة ستكون خسارتها من ركود النشاط الاقتصادى العالمى أقل من تآكل قيمة فوائضـــها المالية التى ســتتأثر بالتضخم ومن ثم فهنالك دائما الدافع القوى لها لتخفيض انتاجها . وقد يكون لها العذر فى ذلك .

ولعل الأمر المثير للاهتمام ان وزير النفط السعودى اقترح -- عام ١٩٨٠ ـ أن تتخذ الدول النامية والدول الأقل نموا خطة مشتركة على أساس التوزيع العادل لاستهلاك العالم من الطاقة . ويتم بناء على هذه الخطة تقسيم الكميات المتاحة من النفط على الدول المختلفة وأن ذلك يمكن أن يؤدى على الأقل الى تهدئة مخاوف بعض الدول أو الشركات التى تخشى حرمانها من النفط فى حالة عدم موافقتها على شروط سياسية لا تستطيع قبولها .

ومع ذلك اتضح صعوبة اشتراك بعض الدول المستوردة وشركاتها فى أى برنامج دولى لتوزيع النفط . لأن أية خطة لتوزيع الأنصبة ستتطلب اعادة توزيع تدفق النفط العالمى . وهذا أمر يستلزم درجة كبيرة من المرونة فى نظام استخدام المخزون العالمى . وهو الدور الذى تقوم به الشركات متعددة الجنسية فيما مضى من ضبط وتوجيه حركات النفط فى التجارة العالمية ثم تقلص هذا الدور حتى كاد يتلاشى حاليا .

وما هو موقف الدول المستوردة الرئيسية للنفط :

وضح جليا أن هذه الدول بدأت ترضخ لمطالب من الدول المنتجة ما كانت تقبلها قبل أزمة الطاقة العالمية وبعد الحظر الجزئى على بترول الشرق الأوسط وبطبيعة الحال مبعث ذلك هو خوف هذه الدول المستوردة من الانقطاع المفاجىء فى الامدادات النفطية . والحقيقة فان القضية ليست فقط قضية امداد وقطع أو قضية استقرار الأسعار وتقلبها ولكن تشتمل

كذلك على عمليات الاستكشاف وجهود التطوير والتى وان كانت تعتمد أساسا على الدول المنتجة الا انها قضية تهم الدول المستوردة فى الدرجة الأولى أكثر من أهميتها للدول المنتجة للنفط ·

والدول المستوردة تواجه حاليا تحديا كبيرا لقدرتها على مواجهة النقص فى حصتها من النفط والتصدى لشروط دول الأوبك لكى تتوفر هذه الحصص · ومما لا شك فيه أنه لابد وأن ينعكس هذا على تكييف استراتيجياتها السياسية والاقتصادية · ويكفى أن نشير هنا الى مدى ارتعاد وخوف الدول المستوردة الرئيسية للنفط من أية تغيرات سياسية أو اجتماعية تحل بمناطق انتاج النفط وخاصة الشرق الأوسط ويتضح ذلك جليا من انعكاس الثورة الايرانية مثلا أو الغزو السوفيتى لأفغانستان على أجهزة الاعلام الغربية حتى انها أطلقت على عام ١٩٧٩ بعام النكسة لذعرها من انتشار المد الماركسى فى كل من عدن (اليمن الجنوبية) الجنوب الأفريقى وخلافها من بعض الدول العربية ·

وقد سبق للرئيس الأمريكى السابق جيمى كارتر توضيح أهمية منطقة الخليج العربى بالنسبة للولايات المتحدة الأمريكية فصرح بأنه « يعتبر أن أي هجوم على هذه المنطقة يعتبر هجوما على المصالح الأمريكية وان الولايات المتحدة ستستخدم جميع الوسائل بما فى ذلك القوة العسكرية للتصدى لهذا الهجوم » كما ان الدول العربية ما زال عندها شك كبير فى امكانية اعتمادها – حقيقة – على الدول التى يعتزم اقامة محطات تزويد بها مثل الصومال وعمان · وكان الغرب يرى ان الأمر المؤكد أن مواقع الضخ التى تسيطر على تدفق النفط ستكون الهدف الأول الذى سيدمر لو اندلعت الحرب فى منطقة الخليج وطبيعى ان يكون قد أدخل ذلك فى الحسبان عند تخطيط سياسته العسكرية فى العالم ·

الاحتمالات المستقبلية للطاقة فى العالم :

تنحصر الأزمة العالمية فى الطاقة فى عدم التوازن بين العرض والطلب وذلك تحت ظروف متغيرة ومختلفة للنمو الاقتصادى وأسعار الطاقة وتتفاقم المشكلة عندما تكون رغبة المستهلكين وأفضلياتهم للطاقة تزيد على قدرة المنتجين الطبيعية والاقتصادية ويدخل فى أسباب عدم التوازن العوامل التالية :

١ – تفضيل المستهلك لنوع من الوقود استنادا لانخفاض سعره أو مدى مناسبته أو لنظافته أو مدى الاعتماد على تجهيز ذلك الوقود ·

٢ – قدرة ومحدودية أنظمة الطاقة وتصنيفها وتكريرها ونقلها وتوزيعها ·

٣ ـ القرارات الوطنية السياسية التى يمكن أن تحرك وتسهل أو تعرقل وتمنع امدادات الطاقة أو استخدام نوع من الوقود دون آخر ٠

وللحصول على صورة محتملة لآفاق الطاقة العالمية مستقبلا ـ وهى في الحقيقة مجموعة من الاحتمالات فلا بد من اعتبار العوامل التالية : ـ

١ ـ معدل نمو الاقتصاد العالمى وقد أجريت عدة أبحاث فى هذا المجال خلاصتها انه سيتراوح بين ٥ر٣ الى ٦٪ حتى عام ١٩٨٥ وبين ٣ الى ٥٪ من عام ١٩٨٥ حتى عام ٢٠٠٠ ٠

٢ ـ أسعار النفط : وهذه بطبيعة الحال لا يمكن التنبؤ بها ولو ان المؤلف يرى ان ارتفاعا فى سعر برميل النفط بمعدل ٢ دولار فى السنة ـ وبالتالى المكافآت له ـ ربما يكون تصورا معقولا ٠ أما بالنسبة للفحم فيعتقد المؤلف ان معدل ارتفاع سعره ربما يكون أسرع من معدل سعر النفط بحيث يبلغ أربعة أضعاف سعره الحالى عام ٢٠٠٠ ٠

٣ ـ السياسات الوطنية النفطية : يتوقع أن تكون هذه السياسات قوية وبالتالى لا بد وان تؤثر مباشرة فى استراتيجيات الدول ـ ومركزها العالمى ٠

٤ ـ الاضافات الممكنة للاحتياطى ٠ بعض التقديرات تشير الى انه يمكن ـ ربما فى الفترة من عام ١٩٨٥ حتى عام ٢٠٠٠ ـ اضافة للاحتياطى العالمى تصل مابين ٢٠ بليون برميل نفط سنويا ـ كحد أعلى ـ و ١٠ بلايين برميل نفط سنويا كحد أدنى ٠

٥ ـ وصل انتاج دول الأوبك الى حوالى ٤٠ مليون برميل يوميا والمعتقد انه لن يزيد على ٤٥ مليون برميل يومياً فى أحسن الحالات وحتى عام ٢٠٠٠ ٠

وان كان نظرا للتطورات التى حدثت فى الأعوام الأخيرة ـ وصل الانتاج الى ١٨ مليون برميل يوميا فقط ٠

المتوقع ان يبلغ الاستهلاك العالمى من الطاقة عام ١٩٨٥ الى ما بين ١١٢ حتى ١٣٧ مليون برميل يوميا مكافىء نفطى (١ مليون برميل يوميا مكافىء نفطى يقابل ٥٠ مليون طن مكافىء نفطى سنويا) وذلك اعتمادا على العوامل السابق ذكرها وبالمقارنة بالعرض المتوقع وهو ١١٢ فان عام ١٩٨٥ سوف يشهد ٠ اما توازنا على الحافة فى أحسن أحواله ـ أو نقصا يعادل حوالى ٢٥ مليون برميل يوميا مكافىء نفط فى أسوأ الأحوال ٠

الصورة العامة عام ٢٠٠٠ :

تشير التقديرات الى أن الاستهلاك العالمى من الطاقة الكلية سيتراوح ما بين ١٦٠ الى أكثر من ٢٠٠ مليون برميل يوميا مكافىء نفطى ٠ أما

العرض فيقدر ما بين ١٥٢ حتى ١٨٠ مليون برميل يوميا مكافيء نفطى ٠ أى أن العالم سيواجه فجوة فى امدادات الطاقة العالمية سوف تتراوح ما بين ٨ الى أكثر من ٢٠ مليون برميل يوميا مكافيء نفطى ٠

تصورات احتواء ـ أو التقليل من سلبيات ـ أزمة الطاقة :

كما سبق أن ذكرنا فانه من أكتوبر عام ١٩٧٣ عند اعلان الحظر الجزئى على امدادات البترول العربى بدأت أسعار الطاقة ومواردها فى الارتفاع واستيقظ العالم على الحقيقة المجردة وهى « ان الطاقة شيء محدود خلافا للاعتقاد الذى ساد العالم لفترة طويلة بأنها شيء غير ناضب وهذه الحقيقة المفزعة ولا شك تدعو أى متتبع للصراعات العالمية فى الماضى والحاضر وللأشكال المختلفة التى أخذتها ـ وتأخذها ـ وأسبابها بأن يستنتج وببساطة ـ ان الصراعات العالمية المستقبلية ستدور حتما حول الطاقة ومصادرها ، ومن ثم فان الشرق الأوسط والأرض العربية على وجه الخصوص لا شك انها ستكون محورا للصراعات العالمية المستقبلية بغض النظر عن طبيعة الصراعات أو الشكل الذى ستأخذه أو هوية المتصارعين٠ ولعل جميع ما نراه من صراعات حالية فى منطقتنا هى خير شاهد على ذلك ٠

وقد ناقش كثير من الكتاب والمفكرين والمعاهد المتخصصة وخرجت عدة كتب ومقالات تناقش هذه الأزمة وتطرح تصورات لحلها وسنعرض فى اقتضاب شديد بعض هذه الأفكار :

١ ـ ان صورة مستقبل الاستقرار الاقتصادى والسياسى ٠ والأمن الاستراتيجى للعالم كله وخاصة العالم الغربى والذى يقوم أساسا على ضمان ووفرة الطاقة صورة مهتزة المعالم تبعث على الحيرة والقلق ٠

٢ ـ يجب القيام باجراءات فعالة للتنسيق بين الدول المصدرة للنفط والدول المستوردة بشأن حجم النفط المطلوب تصديره ومستوى أسعاره للحفاظ على التوازن بين العرض والطلب ٠

٣ ـ يجب القيام باجراءات فعالة بشأن تخطيط برامج التنمية فى الدول المصدرة والمناطق المهمة الأخرى بالنسبة لجميع الأطراف المعنية ٠

٤ ـ احتواء كل ما يهدد الاستقرار الداخلى فى الدول المنتجة للنفط ٠ وقد يتطلب هذا تغييرا فى الاستراتيجيات السياسية لبعض الدول ٠

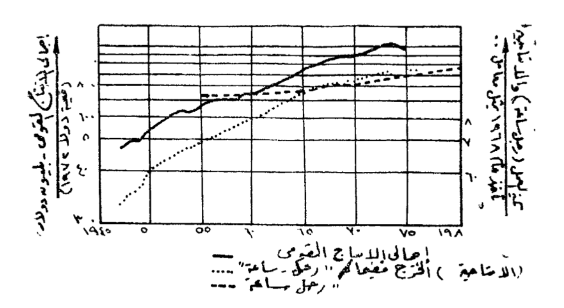
٥ ـ المطالبة بالتوسع فى انتاج الطاقة من مصـــادر غير نفطية

وبمعدلات مرتفعة . هذا واضافة الى تخطيط ترشيد الطاقة وما يستلزمه ذلك من تطوير التصميمات الصناعية وتغيير أنماط الاستهلاك .

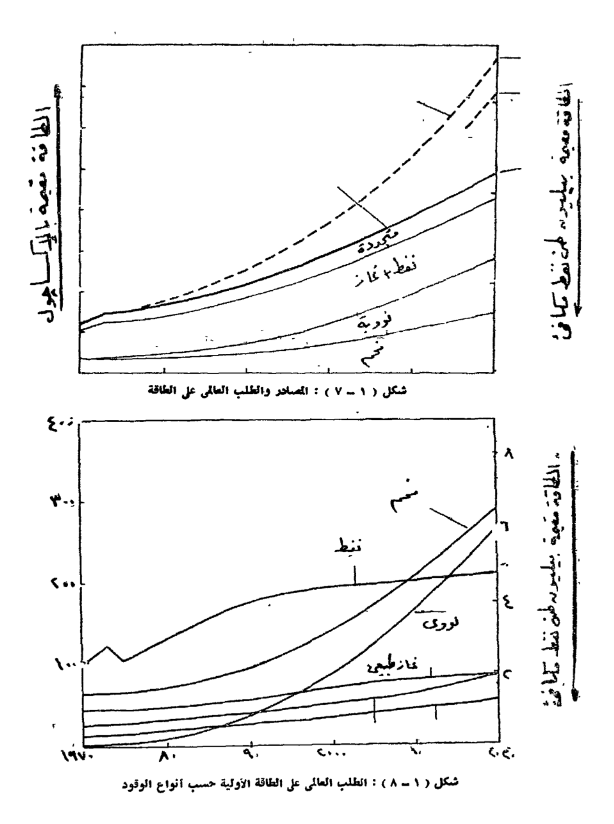
٦ ــ ترى بعض الأراء أن مطالب العــالم من الطاقــة يمكن أن يوفى بها اذا ارتفعت الدول الأعضاء فى منظمة الأقطار المصدرة للنفط (أوبك) بانتاجها تدريجيا ليصل عام ١٩٨٥ الى معدل انتاجها عام ١٩٧٩ ، والمعروف أن الانتاج من النفط قد نقص كثيرا عام ١٩٨٠ . ولكن هذا يتطلب ظروفا سياسية واقتصادية معينة فى مناطق الانتاج وخاصة فى دول الخليج كذلك يتطلب من الدول الغربية أن تحــد من استهلاكها للنفط والعمل على تنمية مواردها الخاصة من الطاقة .

٧ ــ الاهتمام بتكنولوجيا تخزين الطاقة الرخيصة لاستغلالها عند اللزوم .

٨ ــ تحتــاج الدول المستوردة للنفط الى حــوالى ثلاثين عاما أو أكثر لكى تقيم اقتصاد طاقة على أساس مصادر أخرى غير النفط .

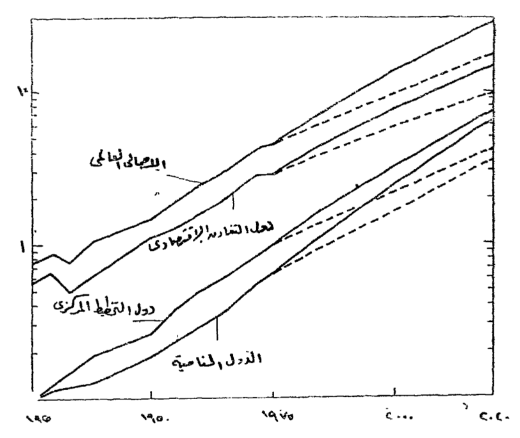


شكل (١ ــ ٦) : التغير الزمنى لكل من الانتاج القومى الاجمالى والانتاجية وكمية العمل (رجل ساعة) بالولايات المتحدة الامريكية

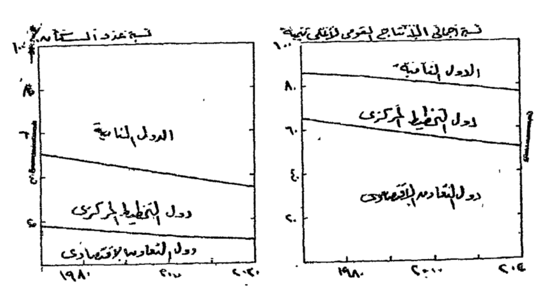


شكل (١ ــ ٧) : المصادر والطلب العالمى على الطاقة

شكل (١ ــ ٨) : الطلب العالمى على الطاقة الأولية حسب أنواع الوقود



شكل (١ ــ ٩) : اجمالى الانتاج العالمى للمجموعات الاقتصادية مقيما بتريليون دولار (دولار عام ١٩٧٢) معدل نمو عال ـــ معدل نمو منخفض



شكل (١ ــ ١٠) : النسب المئوية لكل من عدد السكان والمشاركة فى الانتاج للمجموعات الاقتصادية المختلفة

● الفصل الثانى

النفط

يعتبر النفط فى الوقت الحاضر الوقود الرئيسى فى العالم ويمثل أكثر من نصف امدادات الطاقة فى بلدان عديدة ولذلك فان تحليل امدادات النفط المستقبلية من الأمور الأساسية فى دراسة الطاقة على المدى الطويل ·

أنواع النفوط

أولا : النفط التقليدى :

وهو النفط الخام (بما فيه المتكاثف وهو عبارة عن زيت خفيف جدا ينتج فى نفس الوقت كغاز طبيعى) والذى يجرى اكتشافه واستغلاله بالكتنولوجيا التقليدية (أو الكلاسيكية) وبسعر يبدو معقولا حاليا · وهذا التعريف ينطبق على النفط المستخرج من الرواسب البرية أو من داخل البحار على أعماق لا تزيد عن ۲۰۰ متر مثلا ·

ثانيا : النفط غير التقليدى :

وهو الذى يتطلب لاستكشافه واستغلاله تكنولوجيا لم تتطور تماما بعد · والذى تبدو جدواها الاقتصادية غير محدودة أو غير كافية اليوم · ويحتاج هذا النوع الى قفزات فى التكنولوجيا حتى يمكن استكشافه أو استغلاله · ولا يتوقع ظهوره بكميات وافرة قبل عام ۱۹۹۰ · وهذا يشمل النفط المتواجد على أعماق كبيرة فى البحار والمحيطات وفى المناطق القطبية وتشتمل على معظم الزيوت التقيلة والرمال القارية وزيوت الشست والوقود المستخرج من الفحم صناعيا ·

أولا : النفط التقليدى

احتياطات النفط :

المقصود باحتياطات النفط هو ماتم اكتشافه من النفط المخزون أما مصادره فهى مجموع ما تم اكتشافه وما لم يتم بعد ·

وتصنف الاحتياطات الى : ــ

١ ــ الاحتياطات المتبتة Proved Reserves وهى الاحتياطات المستكشفة فعلا ويجرى استخراجها بالتكنولوجيا المتاحة ·

٢ ــ الاحتياطات المحتملة Probable Reserves وهى الاحتياطات التى سبق اكتشافها ومحتمل استغلالها بتحسن طفيف فى الشروط الفنية والاقتصادية ·

٣ ــ الاحتياطات الممكنة Possible Reserves وهى الاحتياطات التى لم تكتشف بعد ولكن يوجد مؤشرات معقولة لوجودها ·

وانتاجية النفط فى حقل ما تعتمد على كل من الاحتياطى النفطى المثبت ومعدل الاحتياطى النفطى المثبت ومعدل الاحتياطى الذى يضاف سنويا نتيجة لتطور وتحسين وسائل الانتاج وأن أهمية الاحتياطى القابل للاستخراج تتجلى فى كونها هى التى تحدد الى أى مدى يمكن المحافظة على معدل اضافى الى الاحتياطى · ولكل حقل نفط قدرة ذاتية للانتاج تعتمد على حجم الحقل وخواصه الجيولوجية والأجهزة الانتاجية المتصلة به وأخيرا على ما اذا كان هناك قيود حكومية على الانتاج كما هو الحال فى كثير من البلدان المنتجة للنفط ·

أما استخراج النفط ذاتيا فيعتمد على الضغط الطبيعى « للمكمن » النفطى ويتم الحصول على أعلى انتاج بالتخفيض التدريجى للضغط ·

وبدون شك هناك صعوبة بالغة للتقدير الدقيق لاحتياطيات العالم من النفط الخام واقصى طاقة انتاجية من النفط فى المستقبل · وفى سبيل ذلك اتصلت ادارة المؤتمر العالمى العاشر للطاقة والذى انعقد فى مدينة اسطنبول بتركيا فى سبتمبر ١٩٧٧ بعدد ٤٢ من الخبراء العالميين ومؤسسات النفط العالمية وكانت خلاصة هذه الاتصالات البيانات التالية:

١ ــ أقصى كمية من احتياطات النفط فى العالم تتراوح ما بين ٢٥٠ الى ٣٠٠ جيجا طن (١ جيجا طن = مليار طن) ·

٢ ـ تكاليف الاستكشاف ستكون باهظة فيما بين اعوام ١٩٨٥ ـ ١٩٩٠ بينما الزيادة فى تكلفة تطوير الرواسب فستكون ضئيلة ٠

٣ ـ النسبة المئوية للنفط المستخرج من الرواسب سترتفع من ٢٥٪ (عام ١٩٧٧) الى ٤٠٪ (عام ٢٠٠٠) ٠

٤ ـ ستكون نسبة النفط الناتجة من تحسين عمليات الاستخراج فى الحقول القديمة ٥٥٪ ـ (عام ٢٠٠٠) من الزيادة السنوية الكلية للاحتياطى وبالتالى سيكون ذلك حافزا هاما لاعادة تقييم الرواسب المستكشفة قديما ٠

٥ ـ وأخيرا فان النقطة الاكثر ازعاجا هى « أن المعدل السنوى لنمو الاحتياطات فى انخفاض مستمر وفى عام ٢٠٠٠ المتوقع أن يصل هذا الى الرقم ٣ (ثلاثة جيجا طن فقط (أى قدر الاستهلاك عام ١٩٧٧) ٠

احتياطى النفط العالمى حاضرا ومستقبلا :

تشير تقديرات الاحتياطى النفطى العالمى ـ والقابل للاستخراج بالحدود القصوى أنه قد ارتفع من ٥٠٠ بليون برميل فى عام ١٩٤٠ الى حوالى ٢٠٠٠ بليون برميل عام ١٩٦٠ ـ وظل عند هذا الرقم فعلا حتى نهاية ١٩٧٥ أما الاحتياطى المثبت فقدر فى نهاية عام ١٩٧٥ بـ٦٥٨بليون برميل فقط بينما الانتاج الكلى حتى لنفس العام قدر بـ٣٤١ بليون برميل وكما نعلم أن تقدير هذه الاحتياطات ـ وكأى مسألة تقديرية تخضع لبعض العوامل منها ثابت ومنها شخصى يختلف من شخص لآخر او من دولة الى أخرى أو من منظمة الى أخرى ٠

وقد أرسلت ادارة « المؤتمر العالمى للطاقة » أسئلة الى ٤٢ من الخبراء العالميين ـ وشركات ومؤسسات النفط العالميين بطريقة Delphi-Type Poll من سبتمبر ١٩٧٦ حتى ابريل ١٩٧٧ لجميع البيانات اللازمة لاجراء هذا التقدير وقام بالرد على الاستفسارات ٢٩ فقط ونوجز هنا النتيجة التى أمكن الوصول اليها وهى :

١ ـ أن الحد الاقصى للمصادر الممكن استغلالها لاستخراج النفط فى العالم ـ بغرض أن المعدل الحالى للاستخراج وهو ٢٥٪ سيرتفع الى ٤٠٪

بنهاية هذا القرن وحسب ما قدره ٢٨ خبيرا عالميا هو ٢٥٧٫٥ جيجا طن تقريبا وبدون الاخذ فى الاعتبار النفط الموجود تحت سطح البحر وكذلك المناطق القطبية والذى يقدر بحوالى ٤٠ جيجا طن « أى أن الاجمالى هو حوالى ٣٠٠ جيجا طن . ومن هذه الـ٢٥٧٫٥ جيجا طن » حوالى ٩٥ جيجا طن احتياطى ثابت ومحتمل بينما الباقى فهو احتياطى ممكن فقط ٠

٢ ـ تقسم هذه الكمية حسب ما هو مبين بالجدول رقم (٢ـ١) ٠

جدول (٢ ـ ١) اقصى ما يمكن استخراجه من النفط بالجيجاطن

بعد اخذ متوسطات تقديرات الخبراء العالميين

الدولة أو المجموعة	الاحتياطى
الاتحاد السوفيتى واوربا الشرقية والصين	٥٩٫٤
الولايات المتحدة الامريكية وكنـدا	٢٨٫٥
الشرق الأوسط وشمال افريقيا	١٠٩٫١
جنوب الصحراء الافريقيـــة	١١٫٣
أوربا الغربية	١١٫٢
أمريكا اللاتينية	٢٢٫٩
اليابان ـ استراليا ـ نيوزيلندا ـ شرق وجنوب آسيا ٠	١٥٫١
اجمالى احتياطى النفط التقليدى	٢٥٧٫٥
تحت سطح البحر (أعماق غائرة) وفى المناطق القطبية	٣٨٫٧

أما الجدول (٢ ـ ٢) فهو يبين توزيع الاحتياطات الثابته للنفط وكذلك جملة الانتاج العالمى حتى نهاية عام ١٩٧٥ ٠

وببين الشكل (٢ـ١) تطور الاستكشافات والانتاج بالنسبة للولايات المتحدة الأمريكية والشكل (٢ ـ ٢) بالنسبة للاجمالى العالمى ٠

جدول (٢ ـ ٢) الاحتياطى الدالى المثبت واجمالى الانتاج العالمى
حتى نهاية عام ١٩٧٥ بالجيجاطن

المجموعة (أو الدول)	الاحتياطى المثبت	اجمالى الانتاج
مجموعة دول الاوبك		
ـ السعوديـــة	٢٢	٣ر٣
ـ بقية دول الشرق الاوسط	٣٠	٨ر٧
ـ باقى دول الاوبك	١٣	٨ر٠
اجمالى دول الاوبك	٦٥	٢٠
مجموعة دول التعاون الاقتصادى والتنمية		
ـ أمريكا الشمالية	٥ر٧	١٩
ـ أوربا الغربية	٣ر٧	٠ر٣
ـ بقية العالم الغربى	٥ر٧	٢ر٤
مجموعة الدول الاشتراكية	١٤ر٧	٧ر١
الاجمالى العالمى	٩٤ر٨	٤٨ر٨

بتحليل الجداول (٢ ـ ١) ، (٢ ـ ٢) يتبين لنا التالى :

أولا : بالنسبة للاجمالى العالمى : نجد أن الاحتيـاطى المتبت لدول الاوبك يمثل ٦٨ر٥٪ من اجمالى الاحتياطى المثبت العالمى وتمثل السعودية وحدها ٢٣ر٢٪ وبقية دول الشرق الأوسط ٣١ر٦٪ وهذا بدون شك يفسر مدى امكانية الاستفادة من هذه الحقيقة للمشاركة فى توجيه سـياسات العالم اليوم ٠

ثانيا : بالنسبة للاجمـالى العـالمى بعد استبعاد مجموعـة الدول الاشتراكية فان هذه النسب ترتفع من ٦٨ر٥٪ الى ٨١ر١٪ بالنسبة لدول

الأوبك ومن ٢ر٢٣٪ الى ٥ر٢٧ بالنسبة للسعودية ومن ٦ر٣١٪ الى ٥ر٣٧٪ لبقية دول الشرق الاوسط ٠

٣ ــ أعطيت أهمية خاصة لنفط الشرق الأوسط وشمال أفريقيا فمعدل الاستخراج منه ربما يكون أقل من أى مكان آخر فى العالم ٠ ومن هذه الاحتياطات الهائلة فأن امكانية زيادة هذه النسبة (٤٢٪) لابد وأن تطرح نفسها على المهتمين بشئون ــ الطاقة ٠ هذا مع ملاحظة أن هذا الرقم أقل من رقم الاحتياطى المثبت حاليا وهو حولى ٥٥٪ ٠

٤ ــ الرقم الخاص بالدول الاشتراكية وهو ٢ر٢٣٪ يشير الى أنهم لن يصدروا منه شيئا تقريبا ٠

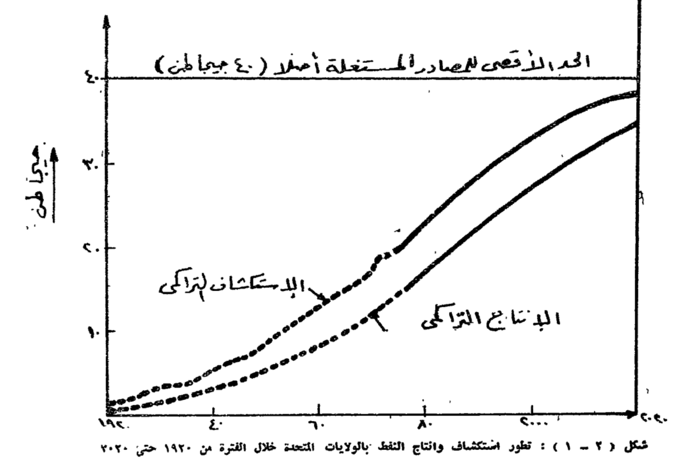
٥ ــ من الأهمية بمكان أن يستمر التنقيب عن النفط تحت سطح البحر حيث تشير التوقعات لوجود ٤٥٪ من احتياطى العالم ٠

٦ ــ تشير تقارير الخبراء الى أنهم يميلون للتفاؤل بالنسبة للتكاليف المستقبلية لانتاج النفط حيث لا يزال أكثر من نصف النفط الذى لم يستغل بعد يمكن انتاجه بتكاليف أقل من ١٢ دولارا (عام ١٩٧٦) والثلث يمكن استغلاله بأقل من ٥ دولارات (عام ١٩٧٦) ٠

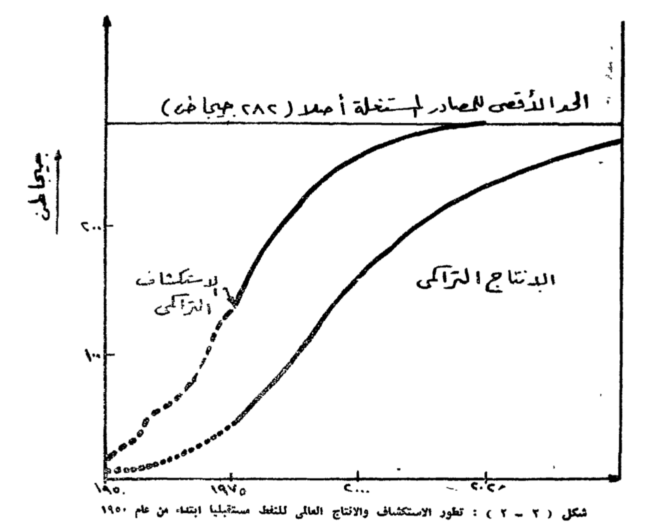
٧ ــ بالنسبة لتوقعات معدلات الاستكشاف مستقبليا فقد أفاد أغلب الخبراء بأنهم متفائلون نسبيا لعام ١٩٨٥ ويقدرون ذلك استنادا الى توقعاتهم بمعدلات استكشاف اجمالية سنويا (أى حقول جديدة مضافا اليها اعادة تقييم لحقول مستكشفة قديمة) بحوالى ٤ جيجا طن وذلك بالمقارنة بالرقم ٣ جيجا طن وهو متوسط معدل الاستكشاف فى العالم فى الفترة من عام ١٩٥٠ حتى عام ١٩٧٠ ٠

وعلى العكس من ذلك نرى أن جميع الخبراء متشائمون بالنسبة لعام ٢٠٠٠ حيث يقدرون معدل الاستكشاف السنوى بمقدار يتراوح ما بين ٣ الى ٣ر٣ جيجا طن مقسم بنسبة ٤٥٪ منها استكشافات جديدة بينما ٥٥٪ وهى استكشافات قديمة مع تطبيق وسائل الاستخراج المحسنة عليها بتوسع ٠

ونحب أن ننوه هنا الى أن استهلاك العالم من النفط عام ١٩٧٧ بلغ حوالى ــ ٣ جيجا طن ٠ ويقدر الخبراء بأنه فى نهاية هذا القرن سوف لا تغطى الاستكشافات هذا المستوى من الاستهلاك ومعنى هذا أن الحاجة الى مصادر الطاقة الاخرى ــ وعلى الاخص الطاقة النووية ــ ستكون بالتالى أكثر الحاحا ٠



شكل (٢ – ١) : تطور استكشاف وانتاج النفط بالولايات المتحدة خلال الفترة من ١٩٢٠ حتى ٢٠٢٠



شكل (٢ - ٢) : تطور الاستكشاف والانتاج العالمى للنفط مستقبليا ابتداء من عام ١٩٥٠

٨ ــ بالنسبة للفترة ما بين عامى ١٩٨٥ و ١٩٩٠ فان المتوقع أن يضاعف المجهود ــ على أقل تقدير ــ للحصول على نفس معدلات الاستكشاف المذكورة عاليه ٠ وتتفق آراء الخبراء على أن تكاليف التنقيب عن النفط فى اليابسة لن تزيد كثيرا عن التكاليف السائدة (حوالى ٥ دولارات عام ١٩٧٧ للطن) وتكاليفه على الشواطىء تقريبا ضعف هذا الرقم بينما تصل التكاليف تحت سطح البحر فى الاعماق الغائرة بين ثلاثة وأربعة أضعاف التكاليف فى اليابسة ٠

٩ ــ سوف تلعب وسائل الاستخراج المحسنة دورا رئيسيا فى زيادة المعدلات حتى نهاية القرن الحالى ٠ فحيث أن نسبة تتراوح بين ٢٥ الى ٣٠٪ من النفط فى باطن الأرض ــ هو الذى يستخرج فالمتوقع أن يرتفع هذا الى حوالى ٤٠٪ عام ٢٠٠٠ مقسما كالتالى :

٤٥٪ فى دول التعاون الاقتصادى والتنمية

٤٢٪ فى بلدان التحطيط الاقتصادى

٣٨٪ فى باقى بلدان العالم

١٠ ــ وأخيرا بالنسبة لمصادر الغاز الطبيعى فيتوقع الخبراء بأنها ستمثل ــ على الارجح ــ ٨٣٪ من احتياطى النفط الخام (مقدرة بالمكافىء الحرارى طبعا) ٠ وهذه النسبة هى أعلى من المتفق عليه عموما وهى ٧٠٪٠

تحليل وتعليق :

١ ــ بالنظر الى رقم الاحتياطى لمنطقة الشرق الاوسط وشمال افريقيا وهو ١٢٠ جيجا طن تقريبا ٠ نجد أنه يمثل المرتبة الاولى بالنسبة للاحتياطى العالمى فالمتوقع أن هذه المنطقة ستعطى بالتالى أعلى نسبة من الاستغلال بالوسائل المحسنة ولا غرابة أن تكون ــ وستظل ــ هذه المنطقة هى بؤرة الصراع العالمى وان اختلفت أشكال هنا الصراع وهوية المتصارعين ٠

٢ ــ بالنظر الى رقم الاحتياطى لبلدان التخطيط المركزى وهو حوالى ٥٩ جيجا طن ويمثل المرتبة الثانية فبالنظر الى الكثافة السكانية مع معدلات التمنية فيها فلا بد ألا نتوقع منها تصديرا من نفوطها الى بلدان العالم الاخرى ٠

٣ ـ أن مصادر الطاقة ـ وعلى الاخص من النفط ـ فى طريقها الى النضوب ويدل على دلك تشاؤم كل الخبراء بالنسبة لمعدلات الاستكشافات الجديدة • وهذا فى حد ذاته لا بد وان يكون دافعا قويا للعالم للبحث عن مصادر أخرى غير تقليدية للطاقة بطبيعة الحال جنبا الى جنب مع ترشيد استهلاكها ومع تطوير المصادر المائية لتعطى أقصى قدرة لها (وهذا فى حد ذاته يلزمه بجانب النواحى الفنية والاقتصادية التغلب على المشاكل السياسية والقانونية) • والاتجاه الى الطاقة النووية أمل العالم كله لحل مشاكل الطاقة •

٤ ـ أن مصادر الطاقة ـ وعلى الاخص فى الفترة ما بين عامى١٩٨٥، ١٩٩٥ ـ حيث ستكون فترة حرجة بالنسبة للطلب على النفط ومن ثم سيزيد معدل النضوب مما يسبب انخفاضا فى أقصى معدل فنى للانتاج بما يتراوح ما بين ٢ر١ جيجا طن / سنة • واذا استمرت زيادة الطلب على النفط خلال هذه الفترة مع حالة عدم كفاية الفحم المستخرج أو عدم كفاية الطاقة الكهربائية من المصادر النووية ـ وهو متوقع فعلا ـ فسيكون هنالك عدم توازن حاد بين الطلب على النفط والمتاح منه مما سيؤدى حتما الى عدم السيطرة على أسعاره • وخلال هده الفترة الحرجة وربما بعد ذلك لما بعد نهاية هذا القرن سوف يحتم الاقلال من الطلب على النفط وربما سيكون المنفذ الاستهلاكى للنفط التقليدى سيكون في وسائل النقل بشكل عام وفى الصناعات الكيماوية • وبطبيعة الحال فهذه الفترة الممتدة للاستخدامات الأولية للنفط ستتضمن إنخفاض استخداماته لأغراض التسخين والتى سوف تغطى نسبة كبيرة منها بالمصادر غير التقليدية للطاقة • وبدون شك سيقابل محاولة الحد من استخدام النفط كمصدر للطاقة زيادة فى الطلب على الطاقة الكهربائية •

ثانيا : النفط غير التقليدى

المقصود بالنفط غير التقليدى هو النفط الذى يتطلب لأستكشافه واستغلاله تكنولوجيا لم تتطور تماما بعد والذى تبدو جدواه الاقتصادية غير محدودة أو غير كافية اليوم ٠

وهذا النوع من النفط يحتاج الى قفزات كبيرة فى التكنولوجيا لاستكشافه واستغلاله والمتوقع عدم ظهوره بكميات كبيرة قبل عام ١٩٩٠ ٠ وبهذا التعريف فأن النفط غير التقليدى يشمل النفط المستخرج من الأعماق الغائرة فى البحار والمحيطات وفى المناطق القطبية وكذلك معظم الزيوت الثقيلة والنفط الناتج من تحسين عمليات الاستخراج والرمل القارى وزيوت الشست والوقود المستخرج من الفحم ٠

ونظرا لعدم ملاءمة هذه الأنواع من النفط ـ ومن وجهة النظر الاقتصادية ما قبل الأرتفاع السريع والحاد فى اسعار النفط بعد حرب أكتوبر ١٩٧٣ ـ فلم يعط العالم اهتماما كافيا ـ والى وقت قريب ـ لتقدير الاحتياطى العالى منه ٠ ولكن ـ دون شك ـ بدأ العالم يغير من وجهة النظر هذه وبدأت الأبحاث والدراسات الخاصة باستكشاف واستغلال هذه الثروات تكون أكثر جدية ٠

ويبدو للمحللين أن النفوط غير التقليدية ستكون عاملا هاما لحل أزمة الطاقة العالمية خلال القرن القادم ٠ ولا بد من تدخل الحكومات لتدعيم انتاجها ٠

وكما جاء بوقائع المؤتمر العالمى العاشر للطاقة الذى انعقد فى أسطنبول بتركيا فى سبتمبر ١٩٧٧ ـ فأنه فى حالة اكتفاء شركات البترول بعائد رأسمال بنسبة ٨ الى ٩٪ فقط فأنه يمكن أنتاج البرميل من النفط غير التقليدى بسعر حوالى ١٥ دولارا بالمقارنة بالسعر وقتذاك وهو ١١٫٦٥ دولار للبرميل وعلى كل حال يمكن القول بشكل تقريبى آن انتاجه يمكن أن يزيد عن سعر أنتاج النفط التقليدى من ٢٠ ـ ٣٠٪ وبطبيعة الحال كلما ارتفع سعر النفط التقليدى كان الحافز لانتاج النفط غير التقليدى أكبر ٠

أهم أنوع النفط غير التقليدى :

أولا : زيت التسست :

هناك صخور تسمى الشست القطرانى عبارة عن صخور تحتوى على عنصر صلب من أصل عضوى يسمى كيروجين (وهى كلمة أمريكية الأصل) تعطى بتقطيرها ريتا ثقيلا هو زيت التسست تشبه مكوناته مكونات النفط الخام الثقيل ولكنه يتضمن مزيدا من المواد العضـوية ونسبة أقـل من الهيدروجين ٠ والمتبقى من عملية التقطير هو نوع من الكوك ٠ ومحتويات الكيروجين مختلفة ويقدر حوالى ١٪ من الاحتياطات العالمية من الشست القطرانى ينتج قدرا مرتفعـا من زيت الشسـت (يتراوح بين ١٠٠ الى ٤٠٠ لتر لكل طن) على حين أن جـانبا كبيرا ــ (حوالى ٨٠٪ تقريبـا) يعطى قدرا أقل من زيت الشست (أقل من ٤٠ لترا لكل طن) ٠

والمشكلة الرئيسـية هي نقص الطرق الفنية القـادرة على تأمين استخراجه بصورة تعطى عائدا كبيرا من الزيت الثقيل ٠ وتبذل الجهود حاليا للتوصل الى هده الطرق التى سوف تتيح اجراء تحليل للكيروجين فى موقعه تحت سطح الأرض ٠ ومن ثم القضاء على مشكلة استخراج ٠ كتل كبيرة من الصخور دون داع ٠

ويقدر الاحتياطى العالمى من هدا الزيت بحوالى ٤٠٠ (أربعمائة) جيجا طن ــ فى اليابسة ــ يمكن استغلال حوالى ٣٠ (ثلاثين) منها فقط بالتكنولوجيا المتاحة ٠

ويبدو أن الولايات المتحدة الأمريكية (وولاية كولورادو بالذات) ستكون أول من ينتج فى هذا المجال ٠

ولقد أجريت دراسة عن التكاليف الاستثمارية للانتاج ــعام ١٩٧٦ــ فوجدت أنها ٢٠ (عشرون دولار /برميل/ يوم ٠ فأنه ــ وطبقا لأسعار عام ١٩٧٦ تحتاج الى رأسمال لتغطية التكاليف الأستثمارية فقط (وليس الأنتاج) يقدر بـ ٢٠٠ مليون دولار ٠ أما بالنسبة لتكاليف الأنتاج فطبعا تختلف حسب السعة الانتاجية للحقل ولكل قدرت ــ بأسعار عام ١٩٧٦ بأن تتراوح بين ٢٠ الى ٢٥ دولارا للبرميل باعتبار معدل فائدة مقداره ١٥٪ وبطبيعة الحال لابد من أعادة هذه الحسابات وفقا لظروف العالم الأقتصادية٠

ولكن لا يزال هناك بعض الأمل فى تخفيض تكاليف انتاج هذا النوع من الزيوت (الى النصف تقريبا) وذلك بأستخدام طريقة الحرق غير الكامل فى الموقع والمسماه بطريقة « جاربت » ٠

ولكن رغم كل هذا فيبدو للمحللين أن زيوت الشست سوف لا يكون لها دور مؤثر قبل نهاية هذا القرن وبافتراض تبنى الحكومات تطوير التكنولوجيا اللازمة ·

ثانيا ـ الرمال القارية أو رمال الأسفلت :

وتمثل هذه بدورها مصدرا كبيرا وهاما من مصادر المحروقات وهذه الرمال عبارة عن تكوينات تحتوى على زيت مركب من الوقود السائل والهيدروكربونات الموجودة فى كل من الرمال القارية ورواسب النفوط الثقيلة لها كثافة نوعية كبيرة كما أنها تحتوى على نسبة عالية من الكبريت والمعادن وتسمى هذه الهيدروكربونات **والتى لا تتدفق فى** ظروف درجات الحرارة المحيطة **بالبتومين** بينما **تلك التى تتدفق تسمى النفوط الثقيلة ·** وتوجد هذه الزيوت النعطية بوفرة فى كرتنا الأرضية وعلى مدى جغرافى شاسع ويبلغ احتياطيها العالمى عدة أضعاف احتياطى النفط التقليدى ، ويوجد ٩٠٪ من احتياطى العالم من الرمال القارية والنفوط الثقيلة فى ثلاث دول هى : **كندا ـ فنزويلا ـ الاتحاد السوفيتى ·**

توزيع الاحتياطات العالمية من النفوط غير التقليدية :

أولا : يوجد حوالى ٣٠٠ بليون طن أى ٢١٠٠ بليون برميل تقريبا مقسمة على أربعة حقول ضخمة هى :

ـ حقل « أورينوكو » بفنزويلا ويقدر ب ٧٠٠ بليون برميل ·

ـ حقل « أثاباسكا » بكندا ويقدر ب ٦٠٠ بليون برميل ·

ـ حقل «أولنيك » بالاتحاد السوفيتى ويقدر ب ٦٠٠ بليون برميل

ـ حقل « كولدليك » بكندا ويقدر ب ١٦٠ بليون برميل ·

ثانيا : يوجد ٢٧ بليون طن (حوالى ١٩٠ بليون برميل) موزعة على ثمانية حقول هى :

ـ اثنان بكندا (حقلى « واباسكا » و « بيس ريفر ») يقدر مجموعها ب ١٦٠ بليون برميل ·

ـ خمسة حقول بالولايات المتحدة الأمريكية يقدر مجموعها ب ٢٧ بليون برميل ·

ـ حقل واحد فى مدغشقر (حقل بيمولانج) يقدر ب ١ر٧ بليون برميل

ثالثا : يوجد حوالى ١٢٠ مليون طن (حوالى ٨٦٠ مليون برميل) فى تسعة حقول متوسطة الأحجام هى :

ـ أربعة حقول بالولايات المتحدة الامريكية يقدر مجموعها ب ٣٢٠ مليون برميل ٠

ـ حقل واحد فى ألمانيا (حقل سيلينزا) يقدر ب ٣٧٠ مليون برميل ٠

ـ حقل فى فنزويلا يقدر ب ٦٢ مليون برميل ٠

ـ حقل فى ترايناداد يقدر ب ٦٠ مليون برميل ٠

ـ حقل فى رومانيا يقدر ب ٢٥ مليون برميل ٠

التكنولوجيا المتاحة والبرامج العالمية لاستخراج النفوط غير التقليدية :

يمكن تقسيم تكنولوجيا استخراج كل من البيتومين والنفوط الثقيلة الى فصيلتين هما : ـ

١ ـ التنجيم السطحى أو عمليات الأستخراج من السطح (أو فى العراء) وفيها تكون ميكنة عمليات الأستخراج أقل تعقيدا وبالتالى أقل تكلفة ٠

٢ ـ عمليات الاستخراج عن طريق الأعمال تحت السطحية (Insitu) وهى عالية التكاليف ٠ فغالبا ما تتطلب عملية الاستخراج حفر وتفجير كميات هائلة من الصخور أو بأستخدام مجارف ميكانيكية تعمل لفتح خنادق لنقل أو تحريك الكتل العليا لأستخراج الرواسب ٠

ويوجد فقط نسبة تتراوح بين ٥٪ الى ١٠٪ من الأحتياطى العالمى هو الذى يمكن أستخراجه بالعمليات السطحية ٠ والباقى لابد من أستخدام تكنولوجيا الأعمال تحت السطحية لأستخراج ما يقدر بنسبة تتراوح ما بين ٣٠٪ الى ٥٠٪ من جملة الأحتياطات ٠

والهيدروكربون المستخرج بأى من الطريقتين لابد من رفع قيمته كوقود بتحويله الى نفط خام صناعى باستبعاد الكربون منه (بعملية التكويك) أو بالهدرجة (أضافة هيدروجين له) وفى عملية المعالجة للرواسب يفصل الكبريت والمعادن عن البيتومين أو النفط الثقيل وذلك لتسهيل عملية نقله ٠ وكلا من طريقتى الاستخراج المذكورة بعاليه تحتاج الى تكاليف وعمالة هائلة سواء أثناء مراحل الأنشاء أو التشغيل ٠

وقد أجريت دراسات اقتصادية بالنسبة لاستغلال حقول كندا وكانت النتيجة أنه ــ وبأسعار عام ١٩٧٦ ــ تتكلف استثمارات عملية التنجيم السطحي ٢٢٠٠ (ألفان ومائتان) دولار/برميل /يوم · بينما وجد أن تكاليف التشغيل المباشرة (وبأسعار عام ١٩٧٦) تتراوح بين ٥ و٦ دولارات لكل برميل من النفط الخام أى أن تكنولوجيا عمليات التنجيم السطحي تحتاج الى استثمارات وتكاليف تشغيل كبيرة لتتمشى مع مشكلة تداول المهمات الضخمة بينما تختفى هذه المشكلة بالنسبة لتكنولوجيا عمليات التنجيم تحت السطح In Situ لتحل محلها الحاجة الى الطاقة اللازمة للتشكيل لتحسين عملية نقل المخزون من الهيدروكربون ·

وكل من العمليتين تستخدم نفس تكنولوجيا رفع الرتبة (أو القيمة لانتاج خامات صناعية متماثلة ·

وعلى نطاق تجارى فهنالك عمليتان تستخدمان التنجيم السطحي فى كندا فى مراحل الاعداد للتشغيل أو ربما مراحل التشغيل حاليا · فمشروع الرمال النفطية الكندى (Great Canadian Oil Sands-GCOS) يعمل منذ عام ١٩٦٧ بطاقة انتاجية مقدارها ٥٠٫٠٠٠ برميل يوميا من الخام الصناعى · ومشروع سيكرود كندا المحدود ــ والذى تبلغ طاقته التصميمية ١٢٥٫٠٠٠ برميل يوميا من الخام الصناعى بدأ تشغيله فى عام ١٩٧٨ ·

وفى مجال تكنولوجيا عمليات التنجيم تحت السطح فان كلا من كندا وفنزويلا والأتحاد السوفيتى يعتبرون روادا فى هذا المجال · ويعتبر حجم الاحتياطى القابل للاستخراج بواسطة هذه التكنولوجيا هو الباعث الحقيقى للتطور الاقتصادى للطرق المستخدمة · هذا اضافة الى الباعث الخاص لأنتاج أكثر من ١٢٥٫٠٠٠ برميل يوميا بوسيلة واحدة · ففى كندا أكثر من ٢٥٠ مليون دولار أنفقتها هيئة « أوسترا » على خمسة عمليات أستخراج مختلفة الأساليب هذا أضافة الى مبلغ مائة مليون دولار سبق أن أنفقتها المؤسسات الصناعية الكندية فى محاولة لايجاد وسيلة تجارية لعملية الاستخراج ويعتبر عام ١٩٨٥ هو أقرب أو الأكثر تفاؤلا لايجاد ــ وسيلة تجارية لأنتاج ١٢٥٠٠٠ برميل يوميا من الخام الصناعى فى كندا ·

أما البرنامج الفنزويلى فيعتبر متخلفا بالنسبة للبرنامج الكندى وهو بشكل عام يهدف الى انتاج ١٢٫٥ ميجا طن /سنة عام ١٩٩٠ ولا تقل المجهودات الفنية للاتحاد السوفيتى عن نظيرها فى كل من كندا وفنزويلا ·

ويقوم السوفيت حاليا بعملية مشتركة للتنجيم تحت سطح الأرض جنبا الى جنب مع عمليات استخراج الطاقة من باطن الارض فى حقل « ياريجا »

تحليل وتعليق على الموقف العالمى ازاء النفوط التقليدية وغير التقليدية :

اولا : بالنسبة للتقدم التكنولوجى فى عمليات الاستخراج :

على الرغم من أن التقدم فى تكنولوجيا استخراج النفوط غير التقليدية قد حدث فعلا وهو مستمر بدون شك وأخذ فى الحسبان التقدم المتوقع بعد ذلك عند تنبؤ المحللين والمتخصصين **الا أنه يجدر الاشارة هنا الى انه بأى حال فان هذا التقدم لا يمكنه ان يزيد من عدد الحقول الضخمة التى هى مستكشفة من قبل - والتى تحتوى على معظم الاحتياطيات العالمية وبطبيعة الحال من الصعب جدا التنبؤ بحدوث ثورة فى التكنولوجيا والتى من شأنها ان تزيد من معدل الاستكشاف بدرجة كبيرة ٠**

ثانيا : بالنسبة لسعر النفط عامة :

يرى بعض الخبراء أنه فيما يختص بمعدل استخراج النفط - وهو يقدر حـاليا بحوالى ٢٥٪ من الاحتيـاطى المثبت - يمكن رفع هذا الرقم وبتكاليف أقل فى الدول المصدرة للنفط عنها فى الدول الصناعية ٠ وهذا التحسن - والذى يعتبره خبراء الدول المستهلكة للنفط - هو مسئولية الدول المنتجة له - يمكن الوصول اليه برفع أسعار النفط ٠ حيث يؤدى ذلك الى زيادة احتياطى نفط الشرق الاوسط بنسبة يقدرونها بما يتراوح ما بين ٥٠٪ و ١٠٠٪ وحيث أنه بنهاية هذا القرن يمكن الاستعاضة عن ٦٠٪ من استخدامـات النفط **بالفحم والحرارة النووية** ٠ والتى يمكن انتاجها بحوالى ٣٠٪ الى ٤٠٪ من سعر النفط المكافىء حاليا تقريبا ٠

ثالثا - بالنسبة لتمويل عمليات الاستكشاف والتطوير :

فاذا كانت أقصى طاقة انتاجية للنفط تتراوح ما بين ٤ الى ٥ جيجا طن سنويا واذا كانت الدول المصدرة للنفط والتى تمتلك حوالى ٦٠٪ من مصادره لا تبذل الجهد اللازم لتطوير الحقول الانتاجية فان الشركات فى الدول الصناعية الغنية لن تبدأ أية خطة استثمارية على نطاق واســع فى الدول النامية ما لم تكن هنالك ضمانات كافية - فى حالة نجاح عمليات الاستكشاف والتطوير - للحصـــول على عائد يمكن أن يكون على نفس المستوى أو قريبا من مستوى العائد به عليه فى حالة الاستثمار فى الدول الصناعية وهو حسب تقديرات عام ١٩٧٦ يتراوح ما بين دولار ودولارين للبرميل بينما العائد المقترح فى الدول النامية أقل من ذلك بكثير (ما بين

٢٥ الى ٤٠ سنتا للبرميل عام ١٩٧٦) ٠ وحتى هذا الرقم ـ اذا وافقت
عليه الدول الصناعية المستثمرة ـ يتطلب ضمانه بميكانيزم دولى يجعلها
تتأكد من تنفيذ العقود بطريقة تجعلها مطمئنه ٠

أما المساعدات المجدية أو المفيـــدة والتى يمكن أن يمدها البنــك
الدولى للحكومات حتى تبدأ الانتاج من الحقول الضخمة (وعلى سبيل
المثال قدم البنك مســاعدة قيمتهــا ١٥٠ مليـــون دولار لحكومة الهنـــد
لمساعدتها لانتاج النفط من الحقل الضخم فى مدينة بومباى) فأنها تعتبر
ذات قيمة طيبة ولا شك ٠ ولكن يجدر الاشارة الى أن مصادر التمويل
المتاحة دائما لدى البنك الدولى ليست دائما على نفس مستوى المشكلة ٠

وتطوير مصادر الطاقة ـ بشكل عام فى الدول النامية ـ لابد وأن يتطلب مساعدة كبيرة من الدول الصناعية على شكل :

- قروض بفوائد مميزة
- مساعدتها فى تصريف انتاجها الصناعى
- نقل التكنولوجيا اليها بتكاليف رخيصة

ويجدر بنا الاشارة هنا الى أن أغنى دول الاوبك (مثل السعودية)
تقوم فعلا بالمســـاعدة فى هـذا التطوير بدرجة معقـــولة ولكن مساهمتها
تنحصر فى توفير جزء من الاستثمارات المالية فقط ٠

ولكن ما هى الشروط اللازمة للحصول على أعلى طاقة انتاجية ٠٠٠٠٠ ؟

مازال السؤال الذى يحير السياسيين العالميين هو « هل النفط المتاح
حاليا يكفى ـ متطلبات العالم لمدة ثلاثين أو أربعين عاما قادمة ؟ » ٠

الاجابة عن هذا السؤال يمكن أن تكون « نعم » اذا كان المقصـــود
هو النفط من كل المصادر ويمكن أن تكون « لا » أذا كان المقصود هو
النفط التقليدى والذى يمكن انتاجه بتكاليف زهدة ٠

فالنفط التقليدى لن يكفى احتياجات العالم على هذا المدى القصـير
والمقدر لها من ٤ : ٥ جيجا طن عام ١٩٩٠ ٠ ولكن سيكون هنالك احتياطى
من النفط غير التقليدى الباهظ التكاليف ليفى بالاحتياجات الى مستوى
محدود من الاســتهلاك فى التطبيقات المحددة بالمنتجات النفطية (مثل
وسائل المواصلات والصناعات الكيماوية) ٠ أما الاحتياجات الأخرى
فيمكن تغطيتها بالوسائل الأرخص (مثل الفحم والطاقة النووية) ٠

وحيث أن الاستهلاك المتوقع ـ والمقدر له ما بين ٤ الى ٥ جيجا طن سنويا ـ فيجب ومن الآن رصد الاستثمارات اللازمة له حتى لا يقع العالم فى أزمة اقتصادية حادة نتيجة النقص الحاد فى مصادره وهنا ينبغى لنا أن ننوه بانه لا بد من توافر الظروف المالية والاقتصـــادية والتكنولوجية والسياسية الملائمة فمثلا :

١ ـ لا بد من توافر مصادر تمويلية كافية (رأسمال ـ قروض ـ تمويل ذاتى) للشركات العامة والخاصة ، ويبدو أن هذا الشرط لا يزال حاليا بعيدا عن التغطية المطلوبة · ولا بد من اتخاذ الاجراءات المساعدة مثل اعادة النظر فى الأسعار والضرائب المفروضة على صناعة النفط · كما يجب احداث بعض التغييرات فى العلاقات بين الحكومات وشركات النفط (العامة والخاصة) لتكون أكثر تعاونا وخاصة فى بعض البـلاد الصناعية ·

٢ ـ سوف تتحدد أقصى طاقة انتاجية للنفط ـ خلال العقدين أو الثلاثة القادمين ـ بمعدل الاستكشافات الجديدة من الرواسب التى تحتوى على النفوط غير التقليدية وبالتقدم فى الطرق الفنية لعمليات الاستخراج المحسن · ويمكن الحصول على أقصى طاقة انتاجية بتوظيف الاستثمارات فى جميع المناطق النفطية فى العـلم بنسبة تقريبية مع فرص تواجد مصادر جديدة ولا يوصى بتوظيف الاستثمارات بطريقة الأفضلية المباشرة المتبعة حاليا فى المناطق التى مس المستبعد أن تعطى انتاجا كبيرا ·

وانه لمن صـالح البشرية عامة ان تستخدم الوسائـل المحدودة للاستغلال والتطوير بكل كفاءة ممكنه ·

وحتى المحاولات التى تمت خلال منتصف السبعينيات لعمل جسر لعبور الثغرات بين الشمال والجنوب (حوار الشمال والجنوب) جاءت بنتائج مخيبة للآمال وما لم تبذل الاقطار المنتجة للنفط ذاتها الجهـد الصادق لاستثمار النفط فلا بد اذن من عمل اتفاقات دولية للتأكد من أن المال اللازم لاستثمار المصادر لا يستغل خارج الدول النامية حيث توجد ٥٥٪ من مصادر النفط فى العالم وذات التكلفة الاقل · ويبدو أن هذا يتوافق مع مصالح الدول التى تقع فى هـذه المناطق والتى لا تملك الوسائل أو ربما لا تملك الرغبة فى القيـام بهذا الاستثمار بنفسهـا وكمورد للنفط فسيظل الشرق الأوسط وكذلك أفريقيا وأمريكا اللاتينية فى صدارة هذه الدول على المدى الطويل ·

٣ ـ لا بد من مساعدة الحكومات فى تطوير التكنولوجيا اللازمة

لعمليات الاستكشاف والانتاج · ثم يأتى بعد ذلك تدريب المتخصصين فى التكنولوجيا الجديدة ·

٤ ـ هنالك مغامرة تنطوى على مخاطر كبيرة ما لم يصل الانتاج الى أقصى معدل له وعلى الرغم مما يلى :

ـ ارتفاع التكاليف نتيجة لاستنفاذ الموارد الطبيعية ·

ـ عدم الرغبة عامة فى الاستثمارات طويلة الأجل فى زمن ترتفع فيه نسبة التضخم ·

ـ انعدام التكافؤ بين الدول المنتجة للنفط فى المساهمة فى الاستثمارات الخاصة بتطوير وانتاج حقول النفط ·

ـ ميل شركات النفط لتوظيف استثماراتها فى البلاد الصناعية فقط على الرغم من افتقار هذه البلاد للمصادر النفطية ·

ـ على الرغم مما يبدو من مزايا هذا التأخير الزمنى من وجهة نظر اطالة مدة الانتاج حتى أوائل القرن القادم الا أن الفائدة التى تعود من ذلك ليست بالكبيرة حيث أن التحول من استخدام النفط التقليدى الى استخدام الفحم والطاقة النووية من جهة واستخدام النفوط غير التقليدية من جهة أخرى يعتبر من المشاكل التى لا بد من مواجهتها خلال العشرين سنة القادمة ·

٥ ـ على الرغم من التحديات المتمثلة فى قصور التكنولوجيا الخاصة باستغلال المصادر هى حقيقه واقعة الا ان التحديات السياسية ما زالت هى الأكثر خطورة · فيجب ان نتذكر هنا انه حتى لو اتيحت أقصى طاقة انتاجية من الناحية الفنية الا ان الوصول الفعلى اليها تحدده القرارات السياسية ·

٦ ـ على الرغم من العقبات التى تحول دون وصول مؤسسات صناعة النفط الى أقصى معدلات الانتاج الفنية فان الأخطر منه هو عدم الاعتقاد بوجود هذه العقبات ·

وتوفير حجم الاستثمار اللازم يتطلب ان يقتنع الرأى العام بأن المشاكل التى تواجهه هى مشاكل حقيقية · وان يكون هنالك رغبة حقيقة لايجاد الحل ·

الغاز الطبيعى

على الرغم من ان الغاز الطبيعى يمكن اعتباره وقودا نظيفا وهو مناسب جدا كوقود منزلى يستخدم لأغراض الطهى والتسخين والتدفئة علاوة على انه مادة أولية ذات قيمة اقتصادية مرتفعة بالنسبة للصناعات البتروكيماوية الا اننا نرى ان الاعتماد عليه كمصدر للطاقة يختلف من مكان لآخر فحيث نرى مثلا ان الولايات المتحدة وهولندا تعتمد عليه اعتمادا كبيرا نجد على العكس من ذلك تماما فى السويد والدانمارك حيث لا يعتمدون عليه اطلاقا كمصدر للطاقة وعلى الرغم من انه يوجد فى العالم احتياطى هائل جدا من الغاز الطبيعى الا أن دوره كمصدر للطاقة لن يتحدد بكمية المنتج منه ولكن بمشاكل نقله وتوزيعه من الآبار المنتجة الى المستهلكين وهذه تتم باحدى وسيلتين :

١ ــ بانشاء شبكة من الأنابيب لنقل الغاز وهذه تتطلب استثمارات كبيرة وعليه لا تكون ذات جدوى اقتصادية دون توافر احتياطى كبير من الغاز مع ضمان استمرار الطلب عليه فى نفس الوقت ·

٢ ــ بتسييل الغاز (تحويله الى سائل) ونقله بواسطة الناقلات ثم اعادة تحويله الى غاز مرة ثانية عند الطرف المستهلك · وهذه الطريقة لها عيوبها فهى تفقد الغاز حوالى ٢٥٪ من طاقته الأصلية أثناء عمليات التحويل اضافة الى مخاطر انفجار احدى ناقلات الغاز السائل وقد يحدث ذلك فى أحد الموانىء مما يسبب اضرار بالغه ·

تقديرات الطاقة الانتاجية للغاز :

يبين الجدول رقم (٣ ــ ١) الطاقة الانتاجية للغاز الطبيعى وفقا

لمصادر المؤتمر العالمي للطاقة الذى انعقد فى اسطنبول عام ١٩٧٧ مع عدم الأخذ فى الاعتبار مصادر الانتاج غير التقليدية (مثل غازات الفحم والشيست والكتلة الحية ... الخ وكما جاء فى جريدة النفط والغاز (مجلد ٧٥ ـ رقم ٤ ـ ص ٩٥) وهى كالتالى :

جدول (٣ ـ ١) تقديرات انتاج الغاز مقدرة بالاكسارمول

المنطقــة	عام ١٩٧٦ (حقيقى	عام ١٩٨٥ عالــى	عام ٢٠٠٠		عام ٢٠٢٠	
			عالــى	متوسط	عالــى	متوسط
أمريكا الشمالية	٢٣	٢٩ر٧	٢٧ر٣	٢٦ر٦	١٠ر٧	٧ر٥
أوربا الغربية	٦ر٤	٩ر٦	٨ر٧	٨ر٤	٢ ٢	١ر٦
الجانــــــز	٠ر٣	٠ر٤	٢ر١	٢ر١	٤ر٦	٤ر٥
الاتحاد السوفيتى وأوربا الشرقية	١٢ر٨	٢١ر٨	٥٥ر٧	٥٥ر٦	٢٨ر٥	٢٥ر٣
الصين وبلاد آسيا الأخرى	١ر٤	١ر٧	٢ر٩	٢ر٩	١ر٦	٠ر٦
دول الأوبك (مجموعة ١)	٠ر٥	٧ر٠	٣٨ر١	١٨ر١	١٧ر٧	١٦ر٤
دول الأوبك (مجموعة ٢)	٣ر٤	٤ر٢	٢١ر٣	٢١ر٣	٤٥ر٦	٤٤ر٦
أمريكا الوسطى	٠ر٩	١ر١	٢ر٣	٢ر٢	١ر٦	١ر٤
أمريكا الجنوبية	٠ر٨	١ر٠	٢ر٢	٢ر٢	٤ر٨	٤ر٧
الشرق الأوسط	٠ر١	٠ر٥	١ر٠	١ر٠	٠ر٣	٠ر٢
شمال أفريقيا	٠ر٢	٠ر٣	٠ر٥	٠ر٥	٠ر٥	٠ر٤
شمال الصحراء الأفريقية	٠ر١	٠ر١	٠ر٢	٠ر٢	٠ر١	٠ر١
شرق آسيــــا	٠ر١	٠ر١	٠ر٢	٠ر٢	١ر٦	١٠ر٦
جنوب آسيــــا	٠ر٣	٠ر٥	١ر٠	١ر٠	٠ر٧	٠ر٥
الاجمالى العـــالمى	٥٠ر٣	٧٦ر٨	١٤٣ر٥	١٤٢ر٣	١٢٥ر٠	١١٤ر٨

تقديرات الاحتياطات المثبتة والمصادر التى لم تستكشف بعد

يبين الجدول رقم (٣ ـ ٢) هذه التقديرات وحسب ما جاء بوثائق المؤتمر العالمى للطاقة باسطنبول عام ١٩٧٧ .

جدول (٣ - ٢)

تقديرات احتياجات . ومصادر الانتاج التراكمي للغاز عام ١٩٧٥

مقدرا بالاكساجول

المنطقة	الاحتياطات المثبتة	مصادر لم تستكشف	الانتاج المتراكم
أمريكا الشمالية	٣١٠	١٦٤٠	٦٣٧
اوربا الغربية	١٥٢	٣١٥	٤٣
الجانز	٤١	٢٣٢	٠٢
الاتحاد السوفيتي وأوربا الشرقية	٧٩٥	٢٢٢٢	١٤٠
الصين ودول آسيا الاخرى	٢١	٣٨٠	٠٢
دول الاوبك (مجموعة ١)	٢٥٠	١٠٤٢	٥٠
دول الاوبك (مجموعة ٢)	٦٨٧	١٦٧٥	٣٤
أمريكا الوسطى	٢٠	١٢٧	١٠
امريكا الجنوبية	٢٢	٢٧٧	٠٥
الشرق الاوسط	١٥	٣٠	٠١
شمال أفريقيا	٠٨	٣٢	٠١
جنوب الصحراء الافريقية	٣	١٢	٠١
شرق آسيا	٢١	١٢٠	٠١
جنوب آسيا	١٦	٤٣	٠٢
الاجمالى	٢٣٦٢	٨١٤٧	٩٢٩

★ المجموعة الأولى من دول الأوبك تشمل العراق - ايران - فنزويلا - الجزائر ٠

والمجموعة الثانية تشمل السعودية - الكويت - الامارات العربية - لينبيا - قطر - نيجيريا ٠

تحليل وتعليق :

بفحص الجدول (٣ ـ ٢) فيمكن القول بأنه :

أولا :

توجد امكانية لزيادة انتاج الغاز الطبيعى التقليدى خلال العشر سنوات القادمة مع دوام بقاء هذا الانتاج أعلى من المعدلات الحالية على الاقل حتى عام ٢٠٢٠ فبينما يقدر المعدل العالمى الحالى بحوالى ٥٠ اكساجول فان الاحتياطات المثبتة تقدر بحوالى ٢٣٦٢ اكساجول والمصادر غير المستكشفة بحوالى ٨١٤٧ اكساجول وبلغ اجمالى الانتاج العالمى منه حتى ١٩١٧٥ حوالى ٩٢٩ اكساجول أى حوالى ٤٠٪ من اجمالى الاحتياطات المثبتة أو ١١٪ فقط من جملة المصادر التى لم تستكشف بعد ٠

ثانيا :

حتى فى حالة أنتاج الغاز الطبيعى بضعف المعدل الحالى (أى حوالى ١٠٠ اكساجول) فأن المصادر التقليدية للغاز الطبيعى ستكون كافيـة لبقاء هذا المعدل فى الانتاج (أو قريبا منه) لمدة خمسين عام أخرى على الأقل ٠

وهذا الأنتاج لا يفترض أضافات أخرى للانتاج من المصادر غير التقليدية مثل الغاز الطبيعى الناتج من التكوينات المضغوطة تحت القشرة الأرضية أو من المهد الفحمية Coal beds أو من أحجار الشست أو من الكتل الحية ٠ وهذه تمثل ولا شك أضافات لا بأس بها تقدر ببضعة آلاف اكساجول ٠

ثالثا :

على ضوء أسعار النفط فان الخبراء العالميين يقدرون انتاج العالم من الغاز الطبيعى عام ١٩٨٥ بحوالى ٧٧ اكساجول وبحوالى ١٤٣ اكساجول عام ٢٠٠٠ ٠

وبهذا المعدل من الزيادة (أى حوالى ٤ر٤٪ حتى عام ٢٠٠٠) فيقدر الخبراء ـ العالميون بأن الأنتاج العالمى سيصل الى طاقته القصوى بعد عام ٢٠٠٠ بفترة وجيزة ثم يقل الى ١٢٥ أكساجول عام ٢٠٢٠ واثناء هذه الفترة (من عام ٢٠٠٠ حتى عام ٢٠٢) يكون حوالى ٥٠٪ من الاحتياطى المقدر حاليا قد تم انتاجه وستكون دول ـ الأوبك والاتحاد السوفيتى هى المناطق الى يعول عليها كثيرا فى أنتاج الغاز الطبيعى خلال العقد القادم ٠

ويمكن لطاقة الأنتاج أن تصل الى أعلى معدل لها قبل عام ٢٠٠٠ فى منطقتين فقط من العالم وهما أمريكا الشمالية وأوربا الغربية ٠

وعلى النقيض فهناك مناطق عديدة وعلى الأخص المجموعة الثانية لدول الأوبك فسيمكنها الاستمرار فى زيادة انتاجها حتى عام ٢٠٢٠ ٠

العرض والطلب على الغاز الطبيعى :

نظرا لاختلاف مناطق العالم المصدرة والمستهلكة للطاقة فى اعتمادها على الغاز الطبيعى كمصدر للطاقة فمن الأفضل لتقديرات العرض والطلب مستقبلا أن ندرسها حسب المناطق أولا ومن ثم تقديرها بالنسبة للعالم ككل ٠

ففى عام ١٩٥٠ بلغ أستهلاك أمريكا الشمالية من الغاز الطبيعى حوالى ٢ر٣ مليون برميل يوميا من المكافىء النفطى (أى حـوالى ٠ر٧ أكساجول أو ١٨٢ بليون متر مكعب من الغاز سنويا) وهى تمثل ٩٪ من الطاقة المستهلكة فى هذه المنطقة وفى نعس الوقت تمثل ٩١ ٪ من الاستهلاك العالمى وقتذاك باستثناء الدول الاشتراكية أما فى أوربا الغربية فلم تنتعش صناعة الغاز الطبيعى الا بعد أكتشاف عدد من الحقول فى هولندا ـ وفرنسا وايطاليا وبحر الشمال فى أواسط الستينات ٠

وفى عام ١٩٧٥ بلغ الاستهلاك ١ر٣ مليون يوميا من المكافىء النفطى (حوالى ١٧٧ بليون متر مكعب سنويا) وهو يمثل ١٩٪ من الأستهلاك العالمى للغاز ـ باستثناء الدول الأشتراكية كذلك ٠

التوقعات المستقبلة للطلب على الغاز الطبيعى :

١ ـ (فى أمريكا الشمالية) :

كان استهلاك الغاز الطبيعى فى هذه المنطقة خـلال السنوات الماضية (من عام ١٩٥٠ حتى عام ١٩٧٥) فى ارتفاع مستمر وبمعدل زيادة أكبر من الأضافات ـ للاحتياطات فيها ٠

وكما بينا بالجدول رقم (٣ـ١) فأن الأنتاج المتوقع عام ١٩٨٥ أن يصل الأنتاج الى حوالى ٧ر٢٩ أكساجول سنويا (أى ما يعادل حوالى ٥ر١٣ مليون برميل فقط مكافىء يوميا) ثم بعد ذلك فان المتوقع هبوط الانتاج وذلك لصعوبة العثور على احتياطات جديدة ٠

وخلاء الفترة من عام ١٩٨٥ الى عام ٢٠٠٠ فان جزءا متزايدا من

الانتاج في هذه المنطقة سيأتي من منطقة آلاسكا اما بواسطة الأنابيب أو على هيئة غاز مسيل ٠

أما توقعات الطلب على الغاز في هذه المنطقة فسوف تتراوح ما بين ٨ر٦ الى ١٠ر ١٠ مليون برميل يوميا مكافيء نفطي (أي حوالى من ١٩ الى ٢٢ آكساجول سنويا) في عام ١٩٨٥ ومن ٨ر٧ الى ٨ر٨ مليون برميل يوميا مكافيء نفطي (أي من ٢ر١٧ الى ٤ر١٩ اكساجول سنويا) عام ٢٠٠٠ بتحليل هذه الأرقام يمكن ببساطة أن نستنتج أن هذه المنطقة سوف تعاني نقصا في الغاز الطبيعي مستقبلا وعليه لتعويض ذلك يجب اللجوء الى أستيراد ما بين ٢ر١ الى ٥ر٢ مليون برميل يوميا من النفط المكافيء (أي ما بين حوالى ٦٨ الى ١٤٢ بليون متر مكعب من الغاز الطبيعي سنويا) خلال هذه الفترة ٠

٢ ـ في أوروبا الغربية :

يوجد في كل من النرويج وهولندا والمملكة المتحدة أحتياطات كبيرة من الغاز الطبيعي كما توجد مصادر أخرى لا بأس بها في بلدان أوروبا الغربية الأخرى مثل أيطاليا وألمانيا وفرنسا وبصورة عامة فان أنتاج الغاز في أوروبا الغربية من المتوقع أن يرتفع وحسب الجدول رقم (٣ـ١) من ٦ر٤ آكساجول سنويا يعادل ٩ر٢ مليون برميل يوميا مكافيء نفطي أو ٣ر١٦٥ مليون متر مكعب سنويا) عام ١٩٧٦ الى حوالى ٦ر٩ آكساجول سنويا (ما يعادل ٣٥ر٤ مليون برميل يوميا مكافيء نفطي أو ٢٤٨ مليون متر مكعب سنويا) عام ١٩٨٥ ثم يهبط الى ما بين ٧ر٨ الى ٤ر٨ آكساجول سنويا عام ٢٠٠٠ ٠

أما الطلب خلال تلك الفترة فسوف يتراوح ما بين حوالى ٥ر١٣ اكساجول سنويا عام ١٩٨٥ الى ما بين ١ر١٣ الى ٢ر١٧ اكساجول سنويا عام ٢٠٠٠ معنى ذلك فان النقص المقابل سيكون حوالى ٩ر٣ اكساجول عام ١٩٨٥ وما بين ٤ر٤ الى ٨ر٨ آكساجول عام ٢٠٠٠ ـ

وقد يمكن تعويض هـذا النقص من خـلال الاستيراد من البلاد ذات الفائض مثل الاتحاد السوفيتي أو الجزائر أو ايران أو ليبيا مثلا ٠

٣ ـ اليابـان :

انتاج الغاز في اليابان ضئيل جدا أما الطلب فسوف يتراوح ما بين ٣٣ر٠ الى ٣ر٣ اكساجول سنويا حتى عام ٢٠٠٠ وهذا بطبيعة الحال سوف يكون بطريق الاستيراد ٠

المصادر غير التقليدية للغاز الطبيعى :

يجب التنويه هنا الى أن التقديرات السابق اعطاؤها لم تأخذ فى الاعتبار المصادر غير التقليدية مثل ·

- الغاز الناتج من الفحم ·
- الغار الناتج من الكتلة الحية
- الغاز الناتج من التكوينات المضغوطة تحت القشرة الأرضية ·
- الغاز الناتج من حجر الشست ·

أما المعلومات الخاصة بمدى امكانية استخراج الغاز من هذه المصادر وعلى مستوى العالم فهى غير محددة حتى الآن أما بالنسبة للولايات المتحدة الأمريكية فيبين لنا الجدول رقم (٣ ـ ٣) تقديرات هذه المصادر ·

جدول (٣ ـ ٣)

تقديرات المصادر الثانوية للغاز الطبيعى بالولايات المتحدة الامريكية

المصـــدر	القيم التقديرية بالاكساجول
ـ غاز مستخلص من الفحـم	٣٢٥ الى ٨٧٠
ـ غاز مستخلص من حجر الشست	٥٤٥ الى ٦٥٠
ـ تكوينات متماسكة	٦٥٠
ـ غازات مضغوطة داخل القشرة الارضية	٣٢٠٠ الى ٥٤٤٠

ومازال الامل كبيرا فى تقدم تكنولوجيات عمليات الاستخراج المحسنة والتى من شأنها رفع معامل الاستخراج عن قيمته الحالية والتى تتراوح ما بين ٧٠ ـ ٨٠٪ ·

توقعات التجارة الدولية للغاز الطبيعي مستقبلا :

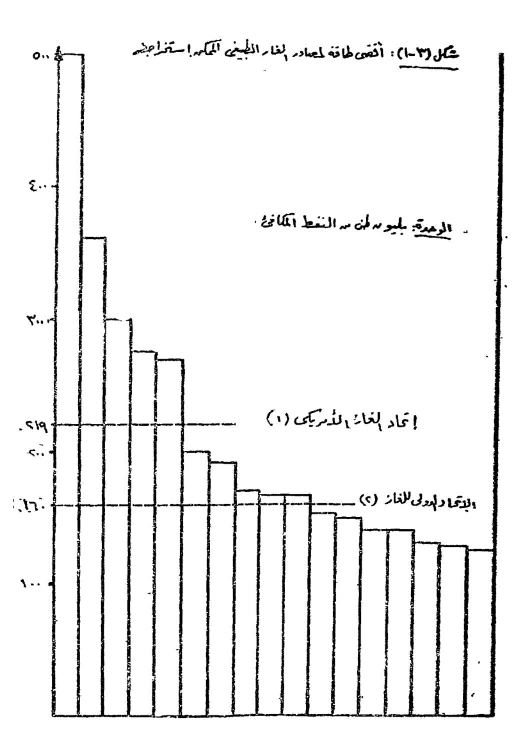
بالرغم من حجم تجارة الغاز الطبيعي الدولية مازال صغيرا فى الوقت الحالى (بالمقارنة بحجم تجارة النفط السائل مثلا) الا أن هناك خططا مستقبلية لتوسيعها والتى يمكن تقسيمها الى ثلاث مجموعات هى :

أولا : تصدير الغاز الطبيعي من الاتحاد السوفيتى بواسطة الأنابيب والتى هى الآن حوالى ٥ر٠ مليون برميل يوميا (حوالى ٣٠ بليون متر مكعب سنويا) من النفط المكافىء وهذا الرقم قد يصل الى الضعف تقريبا عام ٢٠٠٠ ٠

ثانيا : تصدير الغاز الطبيعي من مجموعة دول الأوبك فى الشرق الأوسط وشمال أفريقيا حيث هناك خطط لمشاريع مد أنابيب نقل الغاز من هذه المناطق الى أوروبا الغربية وهذا فى حالة انجازها فالمتوقع أن تمد أوروبا الغربية ما بين ٢ر٠ الى ٣ر٠ مليون برميل يوميا من النفط المكافىء (ما بين ١١ الى ١٧ بليون متر مكعب سنويا) ٠

ثالثا : تصدير الغاز السائل من مجموعة دول الأوبك ــ التى ربما تصل الى حوالى ١٧٧ بليون متر مكعب سنويا فى حالة انجاز المشاريع المقترحة فاذا علمنا أن كثيرا من المشاريع المقترحة ــ وخاصة مشاريع الغاز السائل لا تزال على الورق فأن النقص العالمى من الغاز الطبيعي سيكون بمقدار ٣ر٢ مليون برميل يوميا من النفط المكافىء (أى حوالى ١٣١ بليون متر مكعب سنويا) فى عام ١٩٨٥ كحد أعلى أما فى عام ٢٠٠٠ فيقدر العجز فى حدود ٥ر٣ مليون برميل يوميا من النفط المكافىء ٠

وجدير بالذكر أن بعض دول مجموعة الأوبك قد عبرت عن اهتمامها بزيادة استهلاكها من الغاز الطبيعي فى بلدانها كمصدر طاقة وكذلك استخدامه فى الصناعات البتروكيماوية التى تنوى اقامتها ٠



شكل (٣-١): أقصى طاقة لمصادر الغاز الطبيعي الممكن استخراجه

الفحم

كان الفحم يتصدر المرتبة الأولى كأحد مصادر الطاقة فى العالم وذلك لتوافره فى المناطق الصناعية بتكاليف منخفضة نسبيا ثم ازاحة النفط عن الصدارة فى منتصف الستينات من هذا القرن فقد كانت مساهمة الفحم فى ميزان الطاقة العالمى هى ٧٣٪ عام ١٩٣٨ ثم انخفضت الى ٩٥٪ عام ١٩٥٠ ثم الى ٤٠٪ عام ١٩٦٥ حيث بلغت مساهمة النفط ٤٤٪ واستمرت مساهمة الفحم فى الانخفاض لتصل الى ٢ر٢٨٪ عام ١٩٧٤ ٠

الوضع العام العالمى للفحم :

يمتلك العالم كميات هائلة من احتياطى الفحم أكثر من أى وقود آخر ٠ وهو من الكفاية بحيث يمثل ٥٣٪ من مصادر الطاقة العالمية حاليا والتى يمكن استخلاصها بطرق اقتصادية مقبولة ومع هذا فان ما ينتج من الفحم حقيقة محكوم بمستوى الطلب عليه وكذا بمستوى تطوير عمليات التنجيم (التعدين) وتسهيلات النقل والتشوين هذا بالاضافة الى تشريعات السياسات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية المتعلقة بانتاج واستخدام الفحم ٠

وتشير الدراسات التى قامت بها المعاهد المتخصصة المختلفة فى جميع انحاء العالم خلال الأعوام القليلة الماضية الى أنه ـ ونظرا لأن العالم خلال الفترة ١٩٨٥ ـ الى ١٩٩٥ سيواجه بنقص كبير فى موارد الطاقة نظرا

للفجوة الكبيرة المتوقعة بين المتاح منها والطلب عليها وستكون البدائل الوحيدة المأمول أن تحل محل النفط والغاز هى الطاقة النووية والفحم ٠

والجزء الأكبر من الاستهلاك العالمى لوقود الطاقة الثانوية ٠ مبنى حاليا على الهيدروكربونات ٠ ولهذا السبب فصناعة الطاقة فى العالم مستقبلا يجب أن ترتبط مع انتاج الهيدروكربونات المكررة وأسباب ذلك لابد من تواجدها فى :

ـ التكنولوجيات المستخدمة ٠

ـ هيكل السوق ٠

ـ المجهودات الخاصة بتوجيه الامدادات حسب متطلبات السوق لتتواكب مع رغبات المستهلكين ٠

فبينما نحن ـ فى المستقبل المنظور ـ نرى أن الطاقة النووية يمكن استخدامها فقط فى توليد الكهرباء نجد أن الفحم هو مادة خام طوع ارادتنا فيمكن استخدامه فى توليد الكهرباء أما عن طريق تحويله الى غاز أو وقود سائل ٠٠٠٠ الخ ٠

أما عيوب الفحم من حيث استخراجه فهى :

ـ أن عملية تنجيم (تعدين) الفحم تتطلب درجات مختلفة من المهارات الفنية ٠

أن الفحم مادة صلبة قليلة الهيدروجين ووزنها الجزيئى عال وتوجد مختلطة مع مواد معدنية أخرى مما يجعل عملية تنقيته من العمليات التى تحتاج الى تكنولوجيات معقدة نسبيا ٠

تقديرات مصادر واحتياطيات الفحم فى العالم :

قبل أن نسترسل فى هذه التقديرات يجدر بنا أن تقف عند بعض التعريفات اللازمة وهى :

اولا : المصادر الجيولوجية :

ويقصد بها المصادر التى يمكنهـا أن تصبح ذات قيمة اقتصـادية للبشرية فى وقت ما فى المستقبل ٠ وفى نطاق هذا التعريف حددت أقصى أعماق لهذه المصادر كالتالى : ــ

ــ ٢٠٠٠ متر تحت سطح الأرض بالنسبة للفحم الجاف ٠

ــ ١٥٠٠ متر تحت سطح الأرض بالنسبة للفحم البنى ٠

ثانيا : الاحتياطيات الممكن استخراجها فنيا واقتصاديا :

ويغطى هذا التعريف الاحتياطيات التى يمكن اعتبـارها قابلـة للاستخراج تحت الظروف الاقتصادية والفنية السـائدة اليـوم ٠ وفى نطاق هذا التعريف حددت أقصى أعماق لها كالتالى : ــ

ــ ١٥٠٠ متر تحت سطح الأرض بالنسبة للفحم الجاف ٠

ــ ٦٠٠ متر تحت سطح الأرض بالنسبة للفحم البنى ٠

أما التمييز بين الفحم البنى (أى الذى يحتوى على كميات قليلة من البيتومين وفحم الليجنيت) والفحم الحجرى (الفحم البيتومينى والأنثراثيت) من الموضوعات الصعبة ولوضع حد فاصـل بين النوعين فقـد أتخذ الرقم ٢٣ر٧ ميجاجول / كجـم وهـذا يقـابل ٥٧٠٠ كيلو كالورى / كجـم (باعتبار العينة جافة وخالية من الرماد) والحقيقة هذا الرقم يأخـذ فى الاعتبار التمييز بين النوعيين والمأخوذ به فى عدة دول منتجة للفحم ٠

ويبين الجدول رقم (٤ ــ ١) أرقام المصادر والاحتياطات بالنسبة لقارات العالم ٠

جدول رقم (٤ ـ ١)

مصادر واحتياطات الفحم موزعة على القارات والاقطار (٤ ـ ١ ـ أ) بالنسبة للامريكتين وكندا

القطر	المصادر الجيولوجية بالمليون طن فحم مكافيء		الاحتياطات الممكن فنيا واقتصاديا استخراجها بالمليون طن فحم مكافيء	
	فحم جاف	فحم بنى	فحم جاف	فحم بنى
الأرجنتين	ـ	٣٨٤	ـ	٢٩٠
البرازيل	٤٠٤٠	٦٠٤٢	٢٥١٠	٥٥٨٨
كندا	٩٦٢٢٥	١٩١٢٧	٨٧٠٨	٦٧٣
شيلى	٢٤٢٨	٢١٤٧	٣٦	١٢٦
كولومبيا	٧٦٣٣	٦٨٥	٣٩٧	٤٦
المكسيك	٥٤٨٨	ـ	٨٧٥	ـ
بيرو	١٠٧٢	٥٠	١٠٥	ـ
الولايات المتحدة الامريكية	١١٩٠٠٠٠	١٣٨٠٣٩٨	١١٣٢٣٠	٦٤٣٥٨
فنزويلا	١٦٣٠	ـ	٩٧٨	ـ
البلاد الاخرى	٥٥	٥	ـ	ـ
الاجمالى	١٣٠٨٥٤١	١٤٠٨٨٣٨	١٢٦٨٣٩	٧٩٠٨١

(٤ – ١ – ب) بالنسبة للقارة الافريقية

القطر	المصادر الجيولوجية بالمليون طن فحم مكافىء		الاحتياطات الممكن فنيا واقتصاديا استخراجها بالمليون طن فحم مكافىء	
	فحم جاف	فحم بني	فحم جاف	فحم بني
موزمبيق	٤٠٠	–	٨٠	–
نيجيريا	–	١٨٠	–	٩٠
جمهورية بتسوانا	١٠٠٠٠٠	–	٣٥٠٠	–
جمهورية جنوب أفريقيا	٥٧٥٦٦	–	٢٦٩٠٣	–
روديسيا	٧١٣٠	–	٧٥٥	–
سوازيلاند	٥٠٠٠	–	١٨٢٠	–
اسيا	٢٢٨	–	٥	–
البلاد الأخرى	٢٣٩٠	١٠	٩٧٠	–
الاجمالي	١٧٢٧١٤	١٩٠	٣٤٠٣٣	٩٠

(٤ - ١ - ج) بالنسبة للقارة الاوربية

القطر	المصادر الجيولوجية بالمليون طن فحم مكافىء		الاحتياطات الممكن فنيا واقتصاديا أستخراجها بالمليون طن فحم مكافىء	
	فحم جاف	فحم بنى	فحم جاف	فحم بنى
بلجيكا	٢٥٣	—	١٢٧	—
بلغاريا	٣٤	٢٥٩٩	٢٤	٢١٧٩
تشيكوسلوفاكيا	١١٥٧٣	٥٩١٤	٢٤٩٣	٢٣٢٢
ألمانيا الاتحادية	٢٣٠٣٠٠	١٦٥٠٠	٢٣٩١٩	١٠٥٠٠
فرنسا	٢٣٢٥	٤٢	٤٢٧	١١
ألمانيا الديموقراطية	٢٠٠	٩٢٠٠	١٠٠	٧٥٦٠
اليونان	—	٨٩٥	—	١٠٠
المجر	٧١٤	٢٨٣٩	٢٢٥	٧٢٥
هولندا	٩٠٠	—	١٤٣٠	—
بولندا	١٢١٠٠٠	٤٥٠٠	٢٠٠٠٠	١٠٠٠
رومانيا	٥٩٠	١٢٨٧	٥٠	٣٦٣
أسبانيا	١٧٨٦	٥١٢	٣٢٢	٢١٥
المملكة المتحدة	١٦٣٥٧٦	—	٤٥٠٠٠	—
يوغوسلافيا	١٠٤	١٠٨٢٣	٣٥	٨٤٣٠
الأقطار الأخرى	٣٠٩	١٣٠	٥٨	٥٧
الاجمالى	٥٣٥٦٦٤	٥٥٢٤١	٩٤٢١٠	٣٣٧٦٢

(٤ ـ ١ ـ د) استراليا ودول البحر الباسفيكي الجنوبي

القطـــر	المصادر الجيولوجية بالمليون طن فحم مكافىء		الاحتياطيات الممكن فنيا واقتصاديا استخراجها بالمليون طن فحم مكافىء	
	فحم جاف	فحم بني	فحم جاف	فحم بني
أستراليا	٢١٣٧٦٠	٤٨٣٧٤	١٨١٢٨	٩٢٢٥
نيوزيلنـدا	١٣٠	٦٦٠	٣٦	١٠٨
الأقطار الأخرى	—	—	—	—
الاجمالي	٢١٣٨٩٠	٤٩٠٣٤	١٨١٦٤	٩٣٣٣

(٤ – ١ – هـ) بالنسبة لقارة آسيا

القطر	المصادر الجيولوجية بالمليون طن فحم مكافىء		الاحتياطيات الممكن فنيا واقتصاديا استخراجها بالمليون طن فحم مكافىء	
	فحم جاف	فحم بنى	فحم جاف	فحم بنى
بنجلاديش	١٦٤٩	—	٥١٧	٢
الصين الشعبية	١٤٢٤٦٨٠	١٣٣٦٥	٩٨٨٨٣	—
الهند	٥٥٥٧٥	١٢٢٤	٣٣٣٤٥	٣٥٥
أندونيسيا	٥٧٣	٣١٥٠	٨٠	١٣٥٠
ايران	٣٨٥	—	١٩٣	—
اليابان	٨٥٨٣	٥٨	١٠٠٠	٦
كوريا الشمالية	٢٠٠٠	—	٣٠٠	١٨٠
كوريا الجنوبية	٩٢١	—	٣٨٦	—
تركيا	١٢٩١	١٩٧٧	١٣٤	٦٥٩
الاتحاد السوفيتى	٣٩٩٣٠٠٠	٨٦٧٠٠٠	٨٢٩٠٠	٢٧٠٠٠
الأقطار الأخرى	٥٣٦٨	٣٥٣	١٤٨٨	٧٤
الأجمالى	٥٤٩٤٠٢٥	٨٨٧١٢٧	٢١٩٢٢٦	٢٩٦٢٦

(٤ - ١ - و) الاجمالى العالمى

المصادر الجيولوجية بالمليون طن فحم مكافىء		الاحتياطيات الممكن فنيا واقتصاديا استخراجها بالمليون طن فحم مكافىء	
فحم جاف	فحم بنى	فحم جاف	فحم بنى
٧٧٢٤٨٣٤	٢٤٠٠٤٣٠	٤٩٢٤٧٢	١٤٣٨٩٢
١٠١٢٥٢٦٤		٦٣٦٣٦٤	

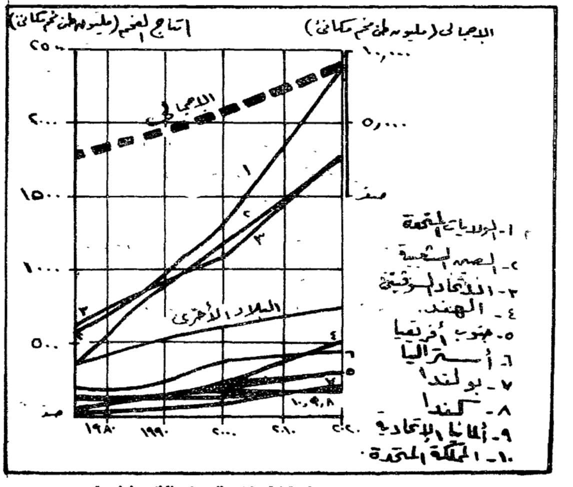
ومن الجدول (٤ ــ ١ ــ و) نرى أن مجمل المصادر من الفحم الجاف والبنى هو حــوالى ١٠١٢٥ × ٩١٠ طن فحم مكافىء أما الاحتياطات القابلة فنيا واقتصاديا للاستخراج هو حوالى ٦٣٦ × ٩١٠ طن مكافىء . أى أن الاحتياطات تقدر فقط بحوالى ٣ر٦٪ من المصادر .

تقديرات انتاج الفحم مستقبليا :

يبين الجدول (٤ ــ ٣) تقديرات انتاج الدول الرئيسية المنتجة للفحم حتى عام ٢٠٢٠ بينما الجدول (٤ ــ ٣) يبين التقديرات بالنسبة لبقية الدول المنتجه ــ مع ملاحظة أن اليابان أدرجت فى الجدول (٤ ــ ٢) نظرا لمركزها العالمى العام بالنسبة لتجارة الفحم .

ويبين الشكل (٤ ــ ١) اتجاهات انتاج الفحم لدول العـــالم الرئيسية فى انتاجه . ونظرا لنقص البيانات والمفروض ان تعطيهـا الأقطار المنتجة بنفسهـــا فقد تم الرجوع الى المراجع العلميـــة والاجتهادات الخاصة وفى النهاية أمكن الحصول على الأرقام التالية :

- معدل الانتاح عام ١٩٨٥ = ٩ر٣ × ٩١٠ طن فحم مكافىء .
- معدل الانتاج عام ٢٠٠٠ = ٨ر٥ × ٩١٠ طن فحم مكافىء .
- معدل الانتاج عام ٢٠٢٠ = ٨ر٨ × ٩١٠ طن فحم مكافىء .



(شكل ٤ ـ ١) الاتجاهات المستقبلية لانتاج الفحم فى اقطاره الرئيسية

جدول (٤ ـ ٢)

تقديرات انتاج الدول الرئيسة المنتجة للفحم مستقبليا

القطر	انتاج الفحم بالمليون طن فحم مكافيء				النسبة المئوية لمعدل الزيادة سنويا			
	١٩٧٥	١٩٨٥	٢٠٠٠	٢٠٢٠	٧٥ـ١٩٨٥	٨٥ـ٢٠٠٠	٢٠٠٠ـ٢٠٢٠	٧٥ـ٢٠٢٠
استراليا	٦٩	١٥٠	٣٠٠	٤٠٠	٨ر١	٤ر٧	١ر٣	٤ر٠
كندا	٢٣	٣٥	١١٥	٢٠٠	٤ر٣	٨ر٢	٦ر١	٤ر٩
الصين الشعبية	٣٤٩	٧٢٥	١٢٠٠	١٨٠٠	٧ر٦	٣ر٤	٢ر٠	٣ر٧
ألمانيا الاتحادية	١٢٦	١٢٩	١٤٥	١٥٥	٠ر١	٠ر٨	٠ر٣	٠ر٥
الهند	٧٣	١٣٥	٢٣٥	٥٠٠	٦ر٣	٣ر٨	٣ر٨	٤ر٤
اليابان	١٩	٢٠	٢٠	٢٠	٠ر١	—	—	—
بولندا	١٨١	٢٥٨	٣٠٠	٣٢٠	٣ر٦	١ر٠	٠ر٣	١ر٣
جنوب أفريقيا	٦٩	١١٩	٢٣٣	٣٠٠	٥ر٦	٤ر٦	١ر٣	٣ر٣
المملكة المتحدة	١٢٩	١٣٧	١٧٣	٢٠٠	٠ر٦	١ر٦	٠ر٧	١ر٠
الولايات المتحدة الامريكية	٥٨١	٨٤٢	١٣٤٠	٢٤٠٠	٣ر٨	٣ر١	٢ر٩	٣ر٢
الاتحاد السوفيتي	٦١٤	٨٥١	١١٠٠	١٨٠٠	٣ر٣	١ر٧	٢ر٥	٢ر٤
الاجمالي	٢٢٣٣	٣٤٠١	٥١٦١	٨٠٩٥	٤ر٣	٢ر٨	٢ر٣	٢ر٩

جدول (٤ - ٣)

تقديرات انتاج الدول الأخرى من الفحم مستقبليا

القطر	انتاج الفحم بالمليون طن فحم مكافىء				النسبة المئوية لمعدل الزيادة سنويا			
	١٩٧٥	١٩٨٥	٢٠٠٠	٢٠٢٠	٧٥_١٩٨٥	٨٥_٢٠٠٠	٢٠٠٠_٢٠٢٠	٧٥_٢٠٢٠
الارجنتين	٠ر٧	٣ر٠	٦	٨	١٥ر٦	٤ر٧	١ر٤	٥ر٥
بلجيكا	٧ر٠	٨ر٢	٧	٧	—	—	—	—
	—	٥ر٥	١١	١٦	—	٤ر٧	١ر٩	—
البرازيل	٢ر٥	٧ر٥	١٥	٤٠	١١ر٦	١١ر٦	٥ر٠	٤ر٦
بلغاريا	١٣ر٦	١٨ر٧	٣٠	٣٥	٣ر٢	٣ر٢	١ر٤	٢ر١
شيلي	١ر٥	٢	٦	٨	٢ر٩	٧ر٦	١ر٤	٣ر٨
كولومبيا	٣ر٦	٨	١٥	٢٥	٨ر٣	٤ر٣	٢ر٦	٤ر٤
تشيكوسلوفاكيا	٨٠	٩٣	١٠٠	١١٠	١ر٥	٠ر٥	٠ر٥	٠ر٧
فرنسا	٢٣ر٤	١٤	١٤	١٤	٥_	—	٠ر٨	١ر١_
ألمانيا الديمقراطية	٧٤ر٦	٨٠	٩٠	١٠٠	٠ر٧	٠ر٧	٠ر٥	٠ر٦
اليونان	٦	١٤	١٨	٣٠	٨ر٨	١ر٧	٠ر٥	٢ر٧

جدول (٤ ـ ٣)

القطر	انتاج الفحم بالمليون طن فحم مكافيء				النسبة المئوية لمعدل الزيادة سنويا			
	١٩٧٥	١٩٨٥	٢٠٠٠	٢٠٢٠	٧٥ـ١٩٨٥	٨٥ـ٢٠٠٠	٢٠٠٠ـ٢٠٢٠	٧٥ـ٢٠٢٠
المجر	١٠	٢٤	٢٤	٢٥	١ر٩	—	٠ر٢	١ر٣
اندونيسيا	٠ر٣	٢	١٣	١٨	٢٥ر٩	١٠ر٣	١ر٦	٩ر٥
المكسيك	١ر٧	٢٠	٤٢	٤٥	١٠ر٩	٥ر١	٠ر٣	٢ر٤
كوريا الشمالية	٣٤	٣٦	٤٠	٥٠	٠ر٦	٠ر٧	١ر١	٠ر٨
رومانيا	١٣	٢٥	١٥	٤٠	٦ر٧	٢ر٣	٠ر٧	٢ر٥
كوريا الجنوبية	١٨	٢٤	٢٠	٢٠	٢ر٩	ـ١ر٢	—	٠ر٢
أسبانيا	١٢ر٣	٢٥	٢٣	٢٥	٧ر٣	ـ٠ر٥		١ر٦
تركيا	١٣	٢١	٣٠	٣٥	٤ر٩	٢ر٤	٠ر٨	٢ر٢
فنزويلا	٠ر٣	٥ر٥	٦	١٠	٣٩ر٣	٠ر٦	٢ر٦	٩ر١
يوغوسلافيا	١٨ر١	٢١	٤٠	٤٥	١ر٥	٤ر٤	٠ر٦	٣ر٠
الأقطار الأخرى	٢١	٣٦	٣٤	٥٥	٢ر٢	١ر٨	٢ر٤	٢ر٢
الاجمالي	٣٦٠	٤٨٣	٦١٩	٧٥١	٣ر٠	١ر٧	١ر٠	١ر٦
للدول المنتجة الرئيسية	٢٢٣٣	٣٤٠١	٥٦١٦	٨٠٩٥	٤ر٣	٢ر٨	٢ر٣	٢ر٩
الانتاج العالمي	٢٥٩٣	٣٨٨٤	٥٧٨٠	٨٨٤٦	٤ر١	٢ر٧	٢ر١	٣ر٧

تحليل وتقييم للبيانات

أولا : بالنسبة لمناطق تواجد الفحم :

١ ــ معظم الدول الرئيسية المنتجة للفحم تخطط لزيادة قدرتها الانتاجية والتى لا بد وان تغطى احتياجاتها القومية · ولذا يمكن أن نتوقع أن يتواجد الفحم فى هذه الدول بكميات وفيرة وذلك على الرغم من أنه فى بعض الأحوال يمكن أن تؤدى العراقيل (مثل نقص الأيدى الفنية ــ الخوف من تلوث البيئة ــ الزمن الطويل اللازم لأعداد منجم الفحم للانتاج ····· الخ) الى نقص الأنتاج المخطط ·

٢ ــ يبدو أن معظم الاقطار المنتجة للفحم تخطط مستقبل انتاجها على أساس احتياجاتها المستقبلة · ولكن بعض الأقطار ــ والتى يبدو أن فى مقدورها أنتاج كميات ضخمة منه ــ غير راغبة فى أن تأخذ على عاتقها التوسع فى عمليات التنجيم (التعدين) وما يتبعها من وسائل النقل اللازمة للزيادة فى عمليات تصديره للخارج · وطبقا للتخطيط الحالى وللتقديرات الجارية لمستقبل تصدير الفحم فأن متوسط تقدير المصدر منه يتراوح ما بين ٧ الى ١٠٪ فقط من الكميات المنتجة ·

وبطبيعة الحال فأن هذا الرقم يعتبر ضئيلا جدا بالنسبة لاحتياجات الدول الصناعية وكذلك يعتبر ضئيلا جدا لدرجة لا تكفى لتطوير تجارته عالميا · وعليه نرى أن المجهودات الحالية لا تكفى لضمان الحصول على الفحم على مستوى العالم ·

٣ ــ مع وجود الباعث الأقتصادى المتزايد لرفع أنتاج الفحم فأن الخبراء العالميون يتوقعون أقصى كمية له فى حدود ١٣ بليون طن فحم مكافئ عام ٢٠٢٠ منها يمكن تصدير حوالى ٥ بليون طن فحم مكافىء أى حوالى ٤٠٪ من المنتج ·

ثانيا : بالنسبة للانتاج

حسب المخطط الحالى للدول المنتجة للفحم ــ اضافة الى التقديرات المعنية أساسيا على الاحتياطات الحالية للفحم ــ فالمقدر انتاجه هو ٨ر٨ بليون طن فحم مكافىء وذلك اذا ما اتخذت الاجراءات المناسبة فى حينها · وهذا المستوى من الانتاج معناه مضاعفة الانتاج (عام ١٩٧٥) لاكثر من ٣ مرات (حيث الإنتاج عام ١٩٧٥ هو حوالى ٦ر٢ بليون) وهذا يتطلب متوسط معدل تنمية سنوى يعادل ٧ر٢٪ خلال الفترة من عام ١٩٧٥ حتى عام ٢٠٢٠ · هذا بالمقارنة بالرقم ٦ر٢ ٪ خلال الفترة من عام ١٨٦٠ حتى

عام ١٩٧٥ ٠ وكذلك الرقم ٢ر٢ خلال الفترة من عام ١٩٥٠ حتى عام ١٩٧٥ ٠

وما لم يكن هنالك باعث اقتصادى كاف لدفع عملية انتاج الفحم وخاصة بالنسبة لعمليات تصدير الفحم ٠ ويقدر بعض الخبراء العالميين أنه من الممكن انتاج حوالى ١٣ بليون طن فحم مكافىء عام ٢٠٢٠ وهذا يعنى فى نفس الوقت زيادة الأحتياطات الممكن أستخراجها فنيا واقتصاديا٠

ثالثا : بالنسبة لامكانيات زيادة انتاج الفحم :

كما سبق وأن ذكرنا فأن كلا من معدلات الانتاج ومعدلات التصدير تعتبر منخفضة جدا بالنسبة لتكوين سوق عالمى للفحم ولتغطية استيراد الدول الفقيرة من الفحم والتى لا بد وأن يزيد معدل طلبها للطاقة كمحاولة منها لرفع مستوى معيشتها ٠ وحاليا فأن معظم منتجى الفحم ـ أو كلهم تقريبا ـ يعتبرون أن فقدان الدافع الأقتصادى هو العقبة الرئيسية لزيادة معدلات انتاجه وبالتالى زيادة معدلات تصديره ٠ فلو أمكن خلق هذا الدافع باتباع سياسة طاقة وسياسة اقتصادية على كل من المستويات المحلية والعالمية مع تطوير الوسائل الفنية فأن الحد الأعلى لانتاج الفحم يمكن تحديده فقط بالظروف الفنية ٠

وأثناء ـ وبعد ـ أنعقاد المؤتمر العالمى للطاقة عام ١٩٧٧ بمدينة أسطنبول ـ آتفق كبار الخبراء بمافيهم رجال صناعة الفحم على أنه يمكن لعامل الظروف الفنية وحده أن يرفع حجم أنتاج الفحم بكيمات كبيرة جدا وبالسرعة الممكنة ٠

وينطبق هذا على وجه الخصوص على الدول الكبيرة المنتجة له مثل الولايات المتحدة الامريكية والاتحاد السوفيتى واستراليا والصين الشعبية وجنوب أفريقيا ٠

رابعا : بالنسبة لامكانيات زيادة الانتاج بتحسين الوسائل الفنية :

كمثال على ذلك فنبين بالجدول (٤ ـ ٤) الأرقام الممكنة ـ والتى يمكن تحقيقها وبالظروف الفنية فقط بالنسبة للولايات المتحدة الأمريكية ٠

جدول (٤ ـ ٤) أرقام الزيادة الممكنة بالنسبة

للولايات المتحدة الامريكية

معدلات النمو		انتاج الفحم	
الفترة من ـ الى	النسبة المئوية سنويا	فى سنة	مليون طن فحم مكافىء
١٩٧٥ ـ ١٩٨٥	٧ر٢	١٩٧٥	٥٨١
١٩٨٥ ـ ٢٠٠٠	٣ر٨	١٩٨٥	١١٦٢
٢٠٠٠ ـ ٢٠٢٠	٣ر٢	٢٠٠٠	٢٠١٨
١٩٧٥ ـ ٢٠٢٠	٤ر٣	٢٠٢٠	٤٧٩٠

وفى حالة الأخذ فى الاعتبار هذه الافتراضات المتفائلة عند الأقطار الرئيسية المنتجة للفحم ـ والسابق ذكرها ـ واذا أخذت معدلات الانتاج للدول الأخرى من الجداول (٤ ـ ٢) (٤ ـ ٣) ، بدون تغيير فاننا يمكن أن نصل الى الأرقام المذكورة بالجدول (٤ ـ ٥) ٠

جدول (٤ ـ ٥) اقصى انتاج للفحم ـ حسب تقديرات

الخبراء وفقا لتحسين الوسائل الفنية فقط

معدلات النمو		الانتاج العالمى	
للفترة من ـ الى	النسبة المئوية سنويا	السنة	مليون طن فحم مكافىء
١٩٧٥ ـ ١٩٨٥	٥ر٧	١٩٧٥	٢٥٩٣
١٩٨٥ ـ ٢٠٠٠	٣ر٤	١٩٨٥	٤٥٠٣
٢٠٠٠ ـ ٢٠٢٠	٢ر٩	٢٠٠٠	٧٤٢٠
١٩٧٥ ـ ٢٠٢٠	٣ر٧	٢٠٢٠	١٣٠٦١

وطبقا لهذه التقديرات فان متوسط معدلات النمو ينخفض باستمرار ولكن القيمة المطلقة للانتاج تزيد **وبتحليل هذه النتائج نجد أن :**

ـ متوسط معـدلات النمو للفترة من ١٩٧٥ حتى ٢٠٢٠ تصـبح ٧ر٣٪ سنويا ٠

ـ يمكن ان يصل حجم انتاج الفحم ـ بتحسين الوسائل الفنية وحدها ـ الى ١٣٠ بليون ـ طن فحم مكافىء مع وجود دافع اقتصادى كاف ٠ وهذا الرقم يزيد بمقدار ٥ بليون عن الرقم الناتج من المخصصات الحالية للدول المنتجة للفحم ـ كل على حدة ـ وهذا الذى يمثل حوالى ٤٠٪ من اجمالى الانتاج العالمى يمكن أن يكون متوافرا للتصدير اذا ما تواجدت البنية الأساسية Infrastructure ووسائل نقل الفحم المناسبة ٠

تعليق وعرض للآراء :

أولا : العوامل التى من الممكن ان تعرقل زيادة انتاج الفحم :

للوصول لمستويات الانتاج المذكورة سابقا يجب التغلب على عدد من المعوقات أو القيود والتى تعوق استمرار الزيادة فى الانتاج فى بلاد كثيرة من هذا العالم ولعل أهم هذه العقبات هى : ـ

ـ مشكلة عـدم توافر العـدد اللازم من مهندسى وفنيى المنـاجم المدربين ٠

ـ مشكلة عدم توافر أو استيعاب البنية الأساسية المناسبة والمزودة بوسائل نقل الفحم الملائمة ٠

ـ المشاكل البيئية والتى تحتاج الى الحل الجذرى سواء فى الانتاج أو الاستهلاك ٠

ـ الحقيقة الخاصة بأن أسواق الفحم الحالية لم تطور بدرجة كافية فى أجزاء كثيرة من العالم ويرجع ذلك ـ فى الغالب ـ الى رخص مصادر الطاقة الأخرى ٠

وهذا يعنى ان هنالك نقصا فى العائد بالنسبة لبعض المستثمرين مما يؤثر بطبيعة الحال على عدم التطوير ذاتها ٠

ـ الفترة الزمنية الطويلة اللازمة لفتح منـاجم جديدة ٠ ومن ثم عمليات التشييد تحت سطح الأرض وكذلك بالنسبة لتدبير أساطيل النقل اللازمة ٠

ثانيا : امكانية مواجهة ما يسمى بعنق الزجاجة بالنسبة لتواجد الفحم :

فى معظم الأقطار المنتجة للفحم نشطت أعمال البحث والتنقيب بهدف المزيد من الاستكشافات والتطوير • ويمكن القول بأنه فى الامكان زيادة الانتاج ـ زيادة محسوسة فقط ـ فى كثير من الاقطار المنتجة للفحم باعادة وضع مراكز التنجيم (التعدين) فى مناطق أقل نموا من وجهة النظر الصناعية • فمثلا فى الولايات المتحدة الأمريكية يمكن للمرء ان يلاحظ ان انتقال عمليات التنجيم من المقاطعات الشرقية الى تلك الغنية بالرواسب فى الجزء الغربى أو الأجزاء الغربية الوسطى منها • أما الرواسب فى الجزء الأوربى من الاتحاد السوفيتى فيبدو ان عمرها الافتراضى محدود • وعليه فمن المتوقع ان تنتقل عمليات المناجم ـ تدريجيا ـ الى الرواسب فى شرق الأورال وسيبيريا فى العقود أو الأجيال القادمة •

وفى هذا المجال يجب أن تعرف بأن المدة الطويلة اللازمة ـ منذ اعداد المنشآت الخاصة بالمناجم الجديدة ـ حتى يمكن الوصول به الى مرحلة الاستغلال الكامل ـ هى تتراوح من ٥ الى ١٥ سنة ـ تعتبر احدى المشاكل الرئيسية •

هذا بالاضافة الى ان الحاجة ـ فى عدة أقطار ـ الاضافية لتطوير البنية الأساسية وكذا وسائل نقل الفحم وربما فى بعض أقطار أخرى يلزم أحيانا بناء محطات تحويل مناسبة **Conversion Plants** كل ذلك يحتاج الى رءوس أموال ضخمة اضافة الى الزمن الطويل اللازم قبل مرحلة الانتاج الكامل •

وعلى كل فيبدو ان الخبرة تؤكد انه يمكن تحقيق ذلك فقط ـ ولحد معقول ـ اذا كانت هناك فرص طيبة لعائد استثمار معقول خلال فترة معقولة ولكن هناك حقيقة واضحة وهى عندما يزداد النمو العالمى فى الطلب على الطاقة فهذا كفيل بأن يفرض على صناعة الطاقة ان تتقدم ـ وبخطى حذرة ـ فى تخطيطها المستقبلى الى حد بعيد • فتمويل الاستثمارات ربما ينتشر فى وقت نقص البترول والغاز الطبيعى فى الأسواق • ولكن ربما يكون متأخرا لأن الآثار الانتاجية لهذه الاجراءات ستظهر حتما فيما بعد •

هذه العوامل قد تكون عقبة خطيرة فى طريق استغلال احتياطيات الفحم فى الوقت المناسب وأى ارتفاع كبير فى انتاج الفحم مرهون بتوفير الخبرات الماهرة والمؤهلة من العمالة البشرية • أما فى مجال حماية البيئة فلا بد من اعطاء العناية الكافية لعمال مناجم الفحم •

أما اذا أخذنا المستهلك فى الاعتبار فتكوين السوق الحالى وزيادة الطلب لتوفير الراحة عامة للسكان سوف يؤدى فى المستقبل الى طلب أنواع من الوقود سهلة التداول وأساسا على شكل كهرباء أو غاز أو بشكل من الهيدروكربونات السائلة وبالنسبة للمستقبل فان هذه لا بد وأن تستجيب مع الطلب الرائد لقواعد البيئة ٠

هذا وقد أجريت الأبحاث فى هذا الاتجاه فى كثير من الأقطار ولكن لا بد من تكثيف هذه الجهود بصورة أكبر ٠

أما فى مجال توليد الطاقة والحرارة فان عملية الاحتراق بطريقة المهد المميعة Fluidized bed Combustion Process فيبدو أنها ستكون أكثر جاذبية لقلة أكاسيد الكبريت والأكاسيد النتروجينية المنبعثة كذلك فهى أكثر ملاءمة بالنسبة للفحوم التى تحتوى على نسب عالية من الكبريت والرماد ٠

وينطبق هذا ــ لحد ما ــ على عمليات انتاج الكوك ٠

وفى هذا المجال ونتيجة للتطورات الناجحة لعمليات التكويك المستمرة فان فصيلة فحم التكويك يمكن ان تتسع لتشمل على أنواع الفحم بما فيها الفحوم التى كان يطلق عليها غير قابلة للتكويك ٠

ثالثا : بالنسبة لحركة التجارة العالمية للفحم :

يقدر حجم تجارة الفحم العالمى ــ والتى تتكون أعلمها من الفحم البيتومينى بحوالى مائتى مليون طن فحم مكافىء سنويا ٠ أما تجارته عبر البحار فتقدر بنصف هذه القيمة وهذا يعنى أن التجارة العالمية عبر البحار ــ بأخذ أساس القيمة الحرارية ــ يقدر بخمسة فى المائة فقط من تجارة البترول ٠

ويبين الجدول (٤ ــ ٦) الأرقام التقديرية والمخططة لتصدير الفحم٠ وفى هذا المجال هنالك عدد من الأقطار لم يكونوا فى وضع يمكنهم من تحديد أرقام التصدير الخاصة بهم حتى عام ٢٠٢٠ ولذا فقد تم اللجوء الى ما ذكر بالمراجع مع بعض الاحتياجات المبنية على أساس الامتدادات Extrapolations وفعلا تم الوصول الى المعدلات التالية :

عام ١٩٧٥ : ١٩٩ × ١٠^{٦} طن فحم مكافىء أى ٧ر٧٪ من الانتاج العالمى

عام ١٩٨٥ : ٣٠٣ × ١٠^{٦} طن فحم مكافىء أى ٨ر٧٪ من الانتاج العالمى

عام ٢٠٠٠ : ٥٨٢ × ١٠^{٦} طن فحم مكافىء أى ١ر١٠٪ من الانتاج العالمى

عام ٢٠٢٠ : ٧٨٨ × ١٠^{٦} طن فحم مكافىء أى ٩ر٨٪ من الانتاج العالمى

جدول (٤ ـ ٦) : بيانات انتاج وتصدير الفحم للدول المنتجة الرئيسية بالمليون طن فحم مكافيء

القطر	عام ١٩٧٥			٧٥ ـ ١٩٨٥			٨٥ ـ ٢٠٠٠			٢٠٠٠ ـ ٢٠٢٠		
	انتاج	تصدير	للتصدير	انتاج	تصدير	للتصدير	انتاج	تصدير	للتصدير	انتاج	تصدير	للتصدير
أستراليا	٦٩	٢٩	٤٢	١٥٠	٦٠	٤٠	٣٠٠	١٨٠	٦٠	٤٠٠	٢٤٠	٦٠
كنـــدا	٢٣	١٢	٥٢	٣٥	١٥	٤٣	١١٥	٤٠	٣٥	٢٠٠	٦٥	٣٢
الصين الشعبية	٣٤٩	٣	١	٧٢٥	٧	١	١٢٠٠	٣٠	٢	١٨٠٠	٥٠	٣
المانيا الاتحادية	١٢٦	٢٣	١٨	١٢٩	٢٥	١٩	١٤٥	٣٠	٢١	١٥٥	٣٠	١٩
الهنـــد	٧٣	ـ	ـ	١٣٥	٧	٦	٢٣٥	١٣	٧	٥٠٠	٣٢	٦
اليابـــان	١٩	ـ	ـ	٢٠	ـ	ـ	٢٠	ـ	ـ	٢٠	ـ	ـ
بولنـــدا	١٨١	٣٩	٢١	٢٥٨	٤٥	١٧	٣٠٠	٥٠	١٧	٣٢٠	٥٠	١٦
جمهورية جنوب أفريقيا	٦٩	٣	٤	١١٩	٢٣	١٩	٢٣٣	٥٥	٢٤	٣٠٠	٦٠	٢٠
المملكة المتحدة	١٢٩	٢	٢	١٣٧	١٠	٧	١٧٣	١٠	٦	٢٠٠	١٠	٥
الولايات المتحد الأمريكية	٥٨١	٦٠	١٠	٨٤٢	٦٨	٨	١٣٤٠	٩٠	٧	٢٤٠٠	١٤٥	٦
الاتحاد السوفيتى	٦١٤	٢٦	٤	٨٥١	٣٧	٤	١١٠٠	٥٠	٥	١٨٠٠	٦٠	٣
الأقطار الأخرى	٧٦٠	٢	١	٤٨٣	٦	١	٦١٩	٣٤	٦	٧٥١	٤٦	٤
الأجمالى	٢٥٩٣	١٩٩	٧ر٧	٣٨٨٤	٣٠٣	٨ر٧	٥٧٨٠	٥٨٢	١ر١٠	٨٨٤٦	٧٨٨	٩ر٨

بتحليل النتائج بالجدول رقم (٤ - ٦) :

يتضح لنا أن نسبة التصدير فى عام ٢٠٠٠ :

- باعتبار مقياس القيمة « السعر - حرارية » - هى أقل من ٢٥٪ من حجم صادرات النفط والغاز الطبيعى فى عام ١٩٧٥ ٠

وهذه النتيجة تبين ان الأقطار الرئيسية المنتجة للفحم ما زالت حتى الآن توجه انتاجها من الفحم لاستهلاكها الخاص ٠

وعليه فمن الصعب بناء تجارة للفحم على هذا الأساس من معدل التصدير المنخفض :

ويبين الشكل (٤ - ٢) موجزا عاما لاتجاهات الانتاج والتصدير حتى عام ٢٠٢٠ ويجب التأكيد هنا الى أن هذه النتائج مبنية على أساس البيانات المتوافرة حاليا وكذلك على الوسائل المتاحة الآن ٠ ولكن أى تغييرات كبيرة فى سوق النفط مما قد ينتج عنها ارتفاع كبير فى الأسعار العالمية للفحم قد تكون بطبيعة الحال دافعا قويا لزيادة الانتاج وبالتالى زيادة الصادرات منه ٠

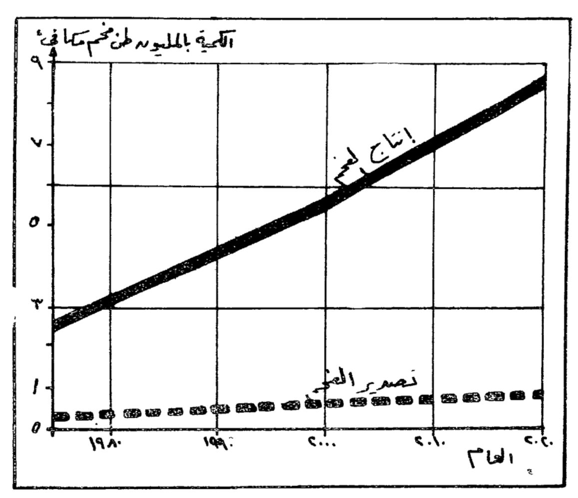
وكما يتضح مما سبق فان الفترة الزمنية الطويلة اللازمة لوصول منجم الفحم الى طاقته الانتاجية الكاملة تجعل حقيقة ضيق الفجوة بين الانتاج والطلب عليه أمرا مشكوكا فيه على الأقل فى المستقبل القريب ٠

الفحم من وجهة النظر الاستهلاكية :

ان مصادر العالم من الفحم وفيرة وما هو قابل للاستخراج - تحت الظروف الاقتصادية والتكنولوجيا التعدنية المتاحة حاليا - يقدر بنصف الاحتياطى ٠ أما نسبة استخراجه من المناجم فتتروح ما بين ٨٥ الى ٩٠٪ بالتعدين السطحى (فوق سطح الأرض) ٠ وما بين ٢٥٪ الى ٧٠٪ بالتعدين تحت سطح الأرض والمناجم العميقة ٠

أما بالنسبة لمحتوى الفحم من الطاقة - فهى على كونها منخفضة بالمقارنة بمصادر الطاقة الأخرى ومتغيرة تبعا لنوعية الفحم فهى فى الفحم البنى تعادل ½ ما للفحم القيرى اضافة الى أن الفحم البنى يحتوى على كمية كبيرة من الرطوبة مما يرفع تكلفة نقله وتوزيعه وان كان محتواه من الكبريت أقل من الفحم القيرى ٠

واذا نظرنا الى الجدول (٤ - ١ - و) نجد أن مجموع الاحتياطيات القابلة للاستخراج فنيا واقتصاديا هى حوالى ٦٣٦ بليون طن فحم مكافىء ٠



شكل (٤ ـ ٢) : تطور الانتاج والتصدير العالمى للفحم

وهى تعادل بميزان النفط حوالى ٣٠٠٠ بليون برميل من النفط أى من أربعة الى خمسة أضعاف الاحتياطى النفطى المثبت وكما بينا أن هـــذا الاحتياطى يمثل حوالى ٣ر٦٪ فقط من المصادر الجيولوحية له ٠

معنى كل ذلك ان زيادة الوعى للتحول الى الفحم كمصدر للطاقة هو دور رئيسى وهام وينبغى للحكومات والهيئات الدولية بشئون الطاقة ان تتبناه ٠

أولا : تصورات لدور الحكومات والهيئات الدولية للتشجيع فى التحول الى الفحم :

ان المفتاح لتقدير الدور المستقبلى للفحم هو بتحديد تطورة شـــدة الطلب عليه وأن هذا التطور على الطلب لا يمكن أن يدرك بصورة جيدة الا اذا تطور الطلب على الفحم مسبقا وحافظ على هذا التطور ولمدة طويلة

لكى يكون بالامكان جذب الاستثمارات الضرورية للانتاج والنقل والتوزيع ٠

اذن فالسؤال الذى يطرح نفسه هو :

ـ هل سيستمر الطلب على الفحم على جموده ؟

ـ هل سيرتفع بنسبة بحيث يظل نسبته الحالية بين مصادر الطاقة الأخرى ؟

ـ هل سيرتفع بشدة ليقابل انخفاض توافر النفط ؟

ولكى يؤدى الفحم دوره المطلوب كمساهم فى احتياجات الطاقة العالمية المتزايدة فلا بد من دور هام للحكومات والهيئات والمنظمات الدولية المعنية بشئون الطاقة ولعل ابرزه : ـ

١ ـ توعية المستهلكين بالتسليم بالحاجة الى مصادر طاقة بديلة عن النفط ولو مستقبلا وان الفحم هو من أكثر مصادر الطاقة وجودا وانه أرخصها سعرا كوقود بالنسبة لاحتياجات الطاقة المستقبلية ٠ وهذا يستدعى التوعية للالمام باتجاهات الطاقة الطويلة الأجل من قبل الحكومات فى اتخاذ قراراتها بالنسبة لتشجيع كل من انتاج واستهلاك الفحم ٠

اضافة الى تفهم وجهات نظر المستهلكين التى تجعل من هذه السياسات أمرا عمليا ٠

٢ ـ مواجهة الآثار السلبية لتلوث الهواء ـ وما يتبع ذلك التلوث من عواقب بيئية ومناخية حادة ٠ ووضع مخططات لحلها ٠

٣ ـ على الحكومات ان تحسم النقاش حول المواصفات القياسية للهواء النظيف ٠ مع توفير وسائل عملية حديثة ومتطورة من أجل حرق نظيف للفحم ٠ كذلك تشجيع الدراسات طويلة الأجل حول تأثير حرق الفحم فى الجو على العالم ٠

٤ ـ تدبير الاستثمارات الضخمة واللازمة لبناء مرافق الخدمات الكثيرة والمتعاملة مع الفحم وعمليات حرقه ٠

٥ ـ منح المستهلكين حوافز اقتصادية لتشجيعهم على تفضيل الفحم على أنواع الوقود الأخرى بحيث تكون فى النهاية تكلفة استخدام الفحم ذات اغراء كبير ٠

أما الى أى مدى سوف يستجيب مستهلكو الفحم للتحول الى استعماله بدلا من أنواع الطاقة الأخرى فهذا أمر غير مؤكد ٠ ولكن نظرا

للفترة الطويلة التى يستغرقها مثل هذا التحول فى استعمال الوقود ·
فعليه يجب اتخاذ القرارات بسرعة ـ والأفضل الآن ـ اذا كان لمثل هذا
التحول ان يحدث مستقبلا ·

ثانيا : وجهة نظر بالنسبة لتغيير الفحم :

بالنسبة لمجال تحويل الفحم الى غاز فهنالك عمليات ما زالت فى
مراحل التطوير الا انها تبشر بنتائج طيبة من حيث توفير كميات الفحم
المحترقة أو بمعايير الانعكاسات البيئية ·

وهذه العمليات اما :

ـ بادخال تحسينات على التكنولوجيا القديمة ·

ـ أو استنباط تكنولوجيات جديدة ·

وبطبيعة الحال فان هذه ـ تعتمد ضمن ما تعتمد عليه لاعطاء نتائج
مرضية فى الوقت المناسب ـ على تدبير الاستثمارات اللازمة ·

أما من ناحية مشكلة غاز ثانى أكسيد الكربون والذى ينطلق عند
احتراق أنواع الوقود الحفرى فما زالت الفكرة المطروحة اليوم هى ان
الزيادة الطفيفة نسبيا من غاز ثانى أكسيد الكربون خلال عشرات السنين
الماضية والناتجة من عمليات الاحتراق غير مقنعة للمسئولين بأنها ذات
خطر كبير · حيث ما زالت هنالك مصادر أخرى وفيرة لهذا الغاز وموجودة
فى الطبيعة ·

كذلك ليس هنالك ـ اليوم على الاقل ـ معلومة تؤكد ان ارتفاع
نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى الجو يمكن ان يؤثر على حالة الطقس
فى العالم ·

خلاصة السياسة الفحمية فى العالم

مما سبق يمكن أن نخلص الى ما يأتى :

١ ـ أن عالمنا يحوى الوفير من مصادر الفحم والتى تكفى لاستهلاك
العالم ربما أكثر من قرن من الزمان ·

٢ ـ يمكن للفحم أن يسهم فى توليد الطاقة مستقبلا بل يمكنه
كذلك أن يقلل من المخاطر التى قد تنجم عن الفجوة المتوقعة بين معدل
الانتاج والطلب على الطاقة والمحتمل أن تنشأ نتيجة لخفض معدلات انتاج
النفط والغاز أو الصعوبات التى تعترض الطاقة النووية ·

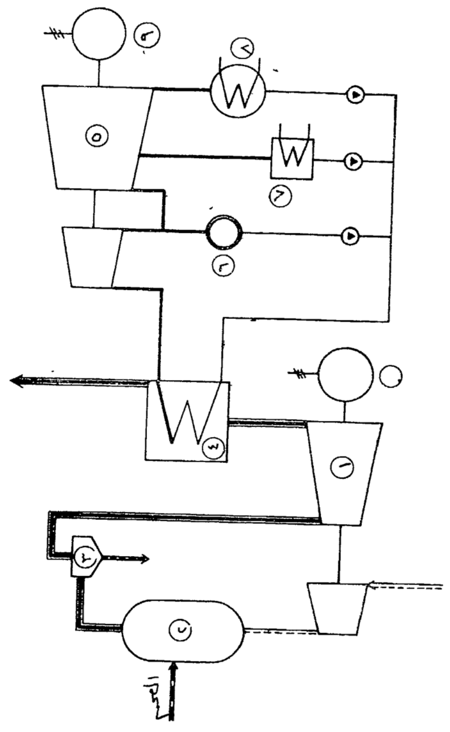
٣ ــ توجد عدة عقبات فعلا تعترض استخدامات الفحم ولكن هذه يمكن ازالتها باتخاذ الاجراءات المناسبة ٠

٤ ــ فى الوقت الحالى فان المشكلة الرئيسية هى ان أسواق الفحم لم تطور بدرجة كافية بعد ٠ وذلك نظرا لأن مصادر الطاقة الأخرى ظلت الأرخص الى وقت قريب ٠ مما كان سببا فى احجام المستثمرين عن استثمار أموالهم فى سوق الفحم ٠

٥ ــ نظرا للفترة الزمنية الطويلة واللازمة لعمليات الاعداد لانتاج الفحم بكميات وافرة (من اعداد الدراسات ــ تجهيز الاستثمارات ــ تطوير المناجم ــ اعداد وسائل النقل ٠٠٠٠٠ الخ) فلا يمكن الاعتماد كليا على مستقبل السوق والتى قد تكون أكثر اشراقا بالنسبة للفحم ٠

٦ ــ يجب اتخاذ الاجراءات اللازمة ــ ومن الآن ــ اذا رأينا الاستفادة القصوى من الوضع الحالى للفحم ٠

وعليه فيكون اتخاذ القرارات اللازمة بواسطة الحكومات ومستهلكى الفحم أمرا حتميا وسوف توجه هذه القرارات بالنسبة للمستهلكين لتقبل العقود طويلة الأجل وسوف يشجع ذلك المستثمرين على الاقدام على استثمار أموالهم فى عملية انتاج وتسويق الفحم ٠



١ ـ التوربين الغازى   ٢ ـ حارق المهد المميعة   ٣ ـ تنقية الغاز
٤ ـ غلاية حرارة العادم   ٥ ـ التوربين البخارى   ٦ ـ استخدامات البخار المجهز
٧ ـ مبادل حرارى لتوليد الماء اللازم للتسخين (المركزى) ٨ ـ مكثف ٩ ـ المولد الكهربى
شكل (٤ ـ ٣) : دورة البخار فى المحطات الحرارية التى تعمل بالفحم

الطاقة المائية

تمثل الطاقة المائية حاليا حوالى ٢٣٪ من الطاقة الكهربائية المولدة فى العالم وترجع أهمية هذه المصادر ليس لأنها طاقة متجددة باستمرار وكذلك كمصدر لطاقة نظيفة فحسب بل لأنها تمثل جزءا متكاملا من أفضل استخدامات المصادر المائية ولأنها جزء هام من نظم توليد الطاقة الكهربائية الضخمة نظرا لمرونتهــا وارتفــاع درجــة الاعتمادية (أو المعول) فى تشغيلها . كما انها تمثل ركناً هاما جدا لتحسين اقتصاديات الدول النامية خاصة وانها لا تتأثر بمشاكل التضخم مثل باقى مصادر الطاقة . هذا اضافة الى طول عمر المنشآت المائية مع قلة تكاليف صيانتها .

وتقدر سعة الوحدات المائية المركبة فى العالم ـ بما يقدر بـ ٣٧٢ جيجاوات تنتج سنويا ١٫٦ مليون جيجاوات ساعة سنويا وهو ما يعادل تقريبا ١٦٪ من مجموع القدرات المركبة (كما جاء فى تقرير المؤتمر العالمى للطاقة فى اسطنبول عام ١٩٧٧) . ولقد قامت دول منظمة التعاون الاقتصادى والتنمية (وتضم الولايات المتحدة الأمريكية وكندا وأوربا الغربية واليابان واستراليا ونيوزيلندة) بتطوير ٤٦٪ من السعة الخاصة بها . وقامت بقية دول العالم الأخرى ـ فى المتوسط ـ بتطوير ٧٪ من السعة الخاصة بها . وتطوير واستغلال المصادر المائية يتأثر أساسا بالنواحى الاقتصادية والاستخدامات والاحتياجات الأخرى للمياه كما يتأثر بالظروف البيئية والتكنولوجيا والعوامل الاجتماعية وكذلك بالاعتبارات السياسية والقانونية . والتطورات الضخمة تحتاج الى مؤسسات ضخمة متعددة النظم والى تخطيط ضخم . وفى حالة الأنهار الدولية فان الأمر يحتاج الى اتفاقات دولية مسبقة . ويقدر الأستاذ « اليس أرمسترونج » وهــو رئيس سابق للجنة القومية الأمريكية فى المؤتمر العالمى للطاقة ـ بأن

يصل انتاج الطاقة من المصادر المائية عام ٢٠٢٠ الى خمسة أضعاف ما كان عليه عام ١٩٧٦ · ولكن تدبير التمويل اللازم لهذا التطوير يمثل مشكلة ضخمة وقدر هذا عام ١٩٧٦ فى المتوسط بما قيمته ٣٣ بليون دولار امريكى سنويا على مدى الأربعة والاربعون عاما (من ١٩٧٦ حتى عام ٢٠٢٠) ·

المزايا الأساسية لمصادر الطاقة الكهرومائية :

ترجع أهمية هذا المصدر الحيوى للطاقة لمزايا متعددة منها :

اولا : انها مصدر للطاقة دائم ومتجدد :

وذلك بفعل الطاقة الشمسية والتى هى مسئولة عن وجود واستمرار الدعوة الهيدولوجية فالماء يتبخر من المحيطات ومنها يحمله الهواء الى جهات مختلفة من سطح الأرض حيث يتكاثف بتغير ظروف درجات الحرارة والضغط · وجزء منها يذهب الى المرتفعات حيث تنشا جداول المياه والأنهار والبحيرات فى العالم والتى من خلالها تستكمل الدوره مرة أخرى الى المحيطات · والجهود البشرية لتحسين حجم الطاقة المائية المستخدمة تشمل الاجراءات الخاصة بانشاء الخزانات والسدود لخزن مياه الفيضانات - وجدير بالذكر فان زيادة سقوط الامطار على الاماكن المرتفعة من خلال البرامج العلمية للسيطرة على السحب يعطى آمالا كبيرة لبعض الأماكن ـ ولعل الأمل يحدو بعض الاماكن الصحراوية فى مصر ـ حيث ان ٩٠٪ او اكثر من الرطوبة الموجودة فى السحب تذهب ثانية الى المحيطات مرورا باليابسة ·

ثانيا : انها طاقة نظيفة :

أى خالية من التلوث وهـذا بالطبيعة مقارنة مع الطاقة النووية أو الطاقة الحرارية من أنواع الوقود الحفرى والتى من شأنها أن تعطى نتاجات ثانوية ملوثة للبيئة الى جانب الطاقة الميكانيكية والحرارة الناتجة · ولكن الخزانات أو السدود قد تخلق بعض المشاكل ولكن بالادارة المتوازنة فيمكنها أن ترفع من شان البيئة المحيطة بها من خلال التحكم في الفيضانات وأوقات التحاريق ·

ثالثا : ان الطاقة الكهرومائية دائما ما تكون جزءا هاما من مشروعات الاستغلالات : المتعددة لمصادر المياه مثل مشروعات الرى والملاحة ومياه الشرب ، ····· الخ ·

رابعا : انه يمكن الحصول عليها بكميات بسيطة : في المناطق النائيـــة للبلاد النامية ومن ثم يمكن أن تساهم في تطوير مصادر أخرى وفي توفير فرص لتحسين ظروف معيشة الانسان . وهذا ما تم اثباته في الماضي ومن الممكن اثباته أكثر في المستقبل .

وعلى الرغم من ان أكبر منشآت الطاقة الكهربائية في العالم هي منشآت كهرومائية الا ان مزيدا من الاهتمام يجب اعطاؤه للمنشآت ذات القدرات البسيطة والتي قد لا تتعدى بضعة كيلو وات ولقد ظهر التجاوب واضحا من الدول ومن المؤسسات الصناعية لاعطاء أهمية خاصة لتطوير تكنولوجيا « الميني هيدرو والميكروهيدرو » وفعلا قدمت أبحاث - بلغ عددها ١١٤ بحثا وتقريرا قدمت خلال ٣٦ جلسة في المؤتمر العالمي للقوى المائية الذي انعقد في مدينة واشنطون في الفترة من ٢٢ حتى ٢٤ يونيو ١٩٨١ وكان لكاتب هذا المقال شرف حضوره .

فعلى سبيل المثال يملك الصينيون منشآت كهرومائية ضخمة تبلغ حوال خمسين ألف محطة توليد كهرومائية صغيرة الحجم متوسط سعة كل منها ٣٥ كيلو وات فقط . وتشير الدلائل الى ان عدد هذه المنشآت سيزداد حتما مع التوسع وتطوير تكنولوجيا التوربينات البصلية والتي تحوى توربين + مولد وكذلك مع تطور تكنولوجيا التحكم من بعد .

خامسا : مرونة وارتفاع درجة الاعتمادية في التشغيل : وذلك بما فيـه من سرعة بدء التشغيل والايقاف وسرعة تجاوب التوليد مع الحمل المطلوب تغذيته مما يجعل دائما المنشآت الكهرومائية جزءا أساسيا كبيرا في أي نظام لتوليد الطاقة والذي من شـأنه رفع كفاءة تشغيله . فهي بالنسبة لأي نظام توليد طاقة تمثل احتياطا دوارا ذي أهمية بالغة وقت الطوارىء . كما يمكن تشغيلها لتغطية أحمال الذروة بكفاءة واقتصاد .

سادسا : طول عمرهـا الافتراضي مع انخفـاض تكاليف التشغيـــل : هذا اذا قورنه بالارتفاع الزائد والمستمر لأسعار النفط ممـا يجعـل من المحطـــات الكهرومائية حافزا دائمـا للمخططين بالرغم من ارتفـاع الاستشارات اللازمة لعمليات الانشاءات .

سابعا : تطـور تكنولوجيا انتـاج الطـاقة الكهرومائية : حتى انه أمكن انتاج توربينات ذات كفاءة تصل الى ٩٥٪ وأمكن انتاج وحدات قدرتهـا تصل الى ٧٠٠ (سبعمائة) ميجاوات ومع زيادة انتاج وتسويق عدد كبير

من الوحدات الكهرومائية الصغيرة الحجم من سعة ١٠ حتى ٥٠ كيلو وات ـ كما هو الحال فى البلاد النامية ـ فان المتوقع انخفاض رؤوس الأموال المستثمرة فى انشاء هذه المحطات ·

ثامنا : التحسينات التى طرات فى التكنولوجيا فى السنوات القليلة الماضية:

والتى جعلت من الممكن زيادة طاقة التوليد فى المحطات المنشأة فعلا حتى ١٠٪ وربما أكثر بأقل الجهود وبتكاليف مناسبة وأمكن ذلك باعادة لف المولدات الكهربائية وتحسين التوربينات وعلى سبيل المثال فقد أمكن رفع قدرة انتاج المولدات الكهربائية فى محطة « سد شاستا » بالولايات المتحدة الأمريكية بحوالى ١٥ ٪ عن معدلها وذلك باعادة لفها ·

تاسعا : المرونة فى تشغيلها وامكانية استقلاليتها : وذلك جعل عملية تخزين الطاقة باستخدام نظم التخزين بالضخ المائى هو أكثر الوسائل المتاحة اليوم اقتصادا وأقلها أعطالا · فمثلا اذا فرضنا اننا نحتاج الى ٤ كيلو وات ساعة كطاقة ادخال لنستخلص حوالى ٣ كيلو وات ساعة فقط للاستخدام فان الطاقة الداخلة هى طاقة رخيصة التكاليف بينما الطاقة الخارجة هى ذات قيمة كبيرة وقت الذروة ·

ونظرا لجميع هذه المزايا فالمتوقع أى تحظى مشروعات تطوير وتعديل أو اعادة بناء المحطات المائية ـ المنشأة من قبل ـ اهتماما كبيرا من المشتغلين بموضوعات الطاقة ·

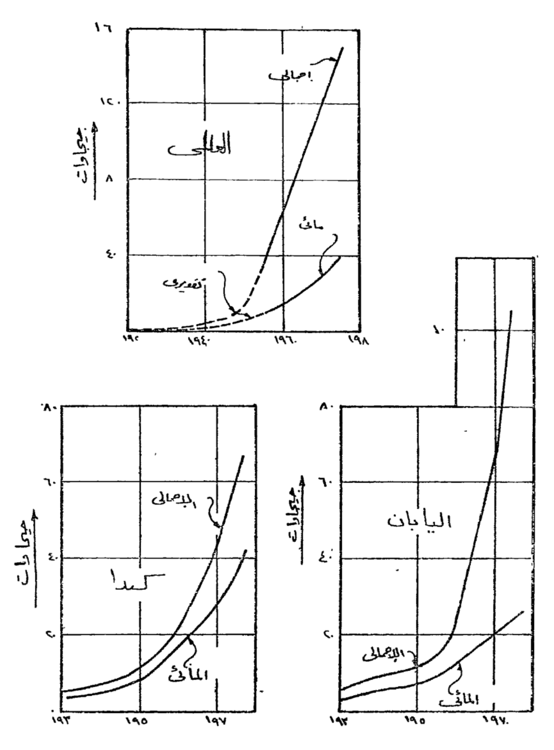
الا انه يجب التنويه هنا الى انه ما زالت أمام الدول النامية مجالات واسعة لاستغلال طاقاتها المائية · أما فى الدول المتقدمة صناعيا فيمكن القول انه لا زالت هنالك فرص طيبة لاستغلال مصادرها المائية بشكل أفضل ·

التطور فى استغلال الطاقة المائية :

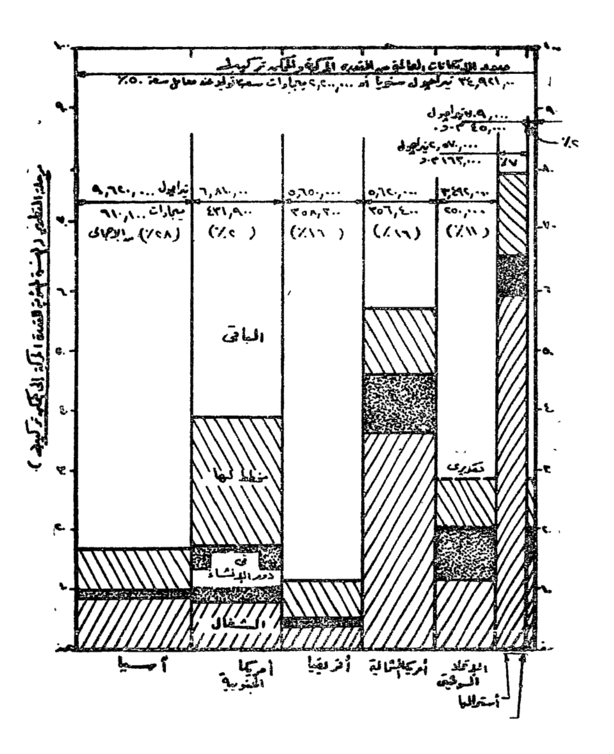
بعد اعتماد الانسان على قوته الذاتية وبعد استخدامه للحيوان فى انجاز الأعمال العضلية عرف الانسان المياه الدافقة كمصدر من مصادر الطاقة فكان استخدامه للأنواع المختلفة من العجلات المائية فى حضارته الأولى وازدادت أحجام وكفاءات هذه العجلات المائية على مر القرون · وبلغت هذه المرحلة من التطور ذروتها فى منتصف القرن التاسع عشر حيث كانت الأماكن المفضلة لتركيب هذه الطواحين على مدى قريب من

مجموعة نقل الحركة الميكانيكية تعتبر محدودة · هذا اضافة الى انه فى داك الوقت كانت الآلة البخارية فى تطور دائم الى الأفضل من حيث التكاليف الاقتصادية والاستقلالية فى التشعيل · وباكتشاف الطاقة الكهربائية ــ على نطاق عملى ــ حوالى عام ١٨٨٠ ــ والتوسع فى أبحاث التيار المتناوب مع اكتشاف المحولات الكهربائية ــ وبالتالى امكانية نقل الطاقة الكهربائية بأقل تكلفة كان ذلك كله ممهدا الطريق لحدوث قفزات كبيرة فى مجال توليد الطاقة الكهربائية من الماء فى القرن الحالى · ولقد كانت هذه التطورات سريعة ففى الثلاثينات من هذا القرن تم انجـــار مشروعات ضخمة وعلى سبيل المثال لا الحصر ــ بناء محطة كهرومائية عند « سد هوفر » بالولايات المتحدة الأمريكية قدرتها ١٣٠٠ ميجاوات · وبطبيعة الحال فمنشآت كهرومائية ضخمة كهذه زادت من استغلال الطاقة فى الدول الصناعية ووضعت البرامج لاستغلال المساقط المائية فى حيز التنفيذ السريع · وبزيادة الطلب على الطاقة لم تعد هذه المصادر تكفى لدرجة ان بعض المناطق بالولايات المتحدة ــ مثل حوض نهر كولومبيا ــ والتى تتميز بامكانات شاسعة لتوليــد الطاقة الكهرومائية أصبحت فى الخمسينات والستينات من هذا القرن فى حاجة لانشاء محطات حرارية ضخمة كذلك لتغطية احتياجاتها من الطاقة الكهربائية ·

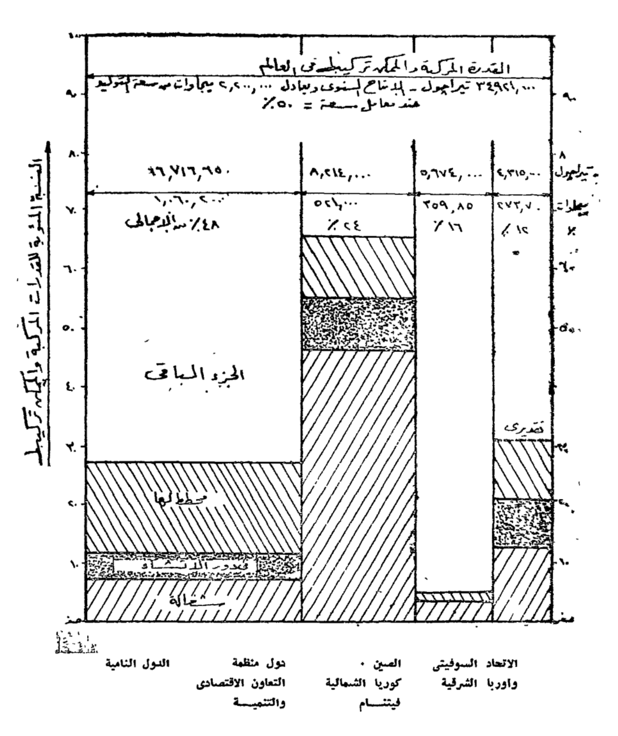
ويبين الشكل رقم (١) تطور الزيادة فى اجمالى سعات وحدات التوليد الكهربائية مع مقارنة لها بالوحدات الكهرمائية فى العـــالم مع كل من اليابان وكندا وفقــا لسجلات الأمم المتحدة عن الفترة من ١٩٥٥ حتى ١٩٧٤ أما البيانات المستخلصة فى المؤتمر العالمى للطاقة ١٩٧٦/١٩٧٧ وكما هى مبينه بالشكل رقم (٥ ــ ٢) فنجد ان اجمالى المصادر المائية ــ المستغلة والصالحة للاستغلال ــ تبلغ ما قيمته ٢ر٢ مليون ميجاوات وبطاقة انتاجية سنوية تبلغ ٧٠ر٩ بليون ميجاوات ساعة · وهذا القدر من الطاقة يحتاج الى حوالى ١٤٫٦ بليون برميل من النفط أو بكلمات أخرى حوالى ٤٠ (أربعين) مليون برميل نفط يوميا (على أساس سنوى) لانتاجه من المحاطات الحرارية ·



شكل (٥ ـ ١) : سعة التوليد الكهربائية والكهرومائية فى كل من العالم ـ كندا ـ اليابان

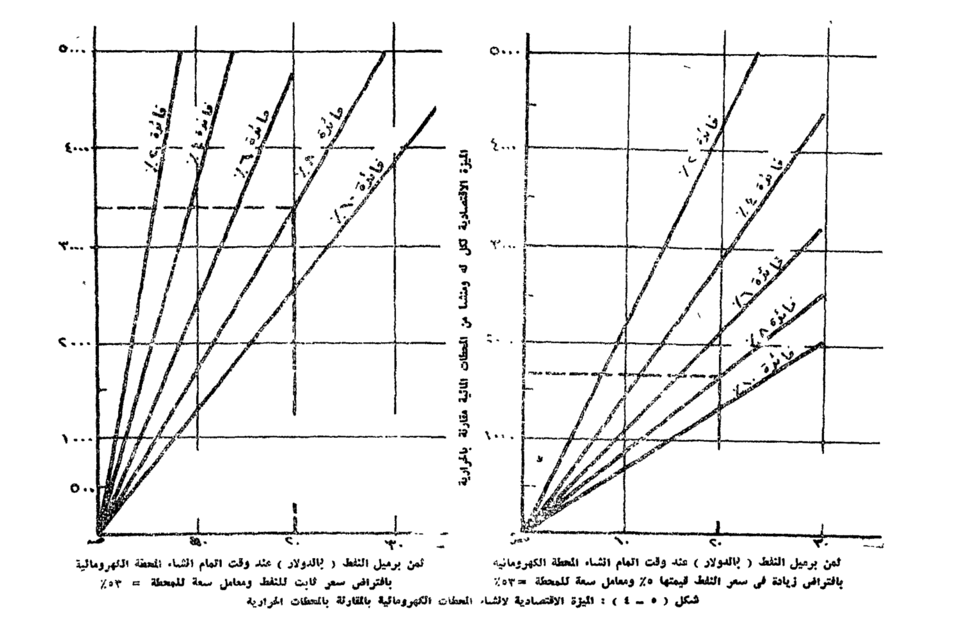


شكل (٥ – ٢)   مصادر الطاقة المائية فى العالم (حسب القارات)



الاتحاد السوفيتي واوربا الشرقية — الصين • كوريا الشمالية فيتنام — دول منظمة التعاون الاقتصادى والتنمية — الدول النامية

شكل (٥ ـ ٣) : مصادر الطاقة المائية فى العالم ـ توزيع حسب النظم الاقتصادية



شكل (٥ ـ ٤) : الميزة الاقتصادية لانشاء المحطات الكهرومائية بالمقارنة بالمحطات الحرارية

عند اعتبار أى مشروع كهرومائى لا بد وأن يراعى المخططون جميع احتياجات المياه وكذلك الطرق اللازمة لمقابلة هذه الاحتياجات ففى مناطق كثيرة فى العالم نجد ان مصادر المياه هى العامل المتحكم فى حاضر ومستقبل النشاط الانسانى فيها · وعليه فان اعداد مخطط رئيسى متكامل لحوض النهر ـ أو ربما ـ أحواض الأنهار المجاورة قد يعتبر ضرورة هامة جـدا للحصول على أفضل النتائج من أى مشروع مائى وقيمة الطاقة الكهرومائية المنتجة نتيجة لخطة شاملة لاستغلال حوض نهر ما يمكن أن تكون الدعامة الاقتصادية التى تجعل من خطـة التنمية الشاملة شيئا ممكنا مع كل الاعتبارات والتسهيلات اللازمة لمقابلة الاحتياجات المستقبلية · ولكن اذا اعتبر الماء كمصدر رئيسى ووضعت خطة لجعل العائد المادى السريع ـ أكبر ما يمكن ـ فقد يكون خطأ فادحا قد يعرض عملية مقابلة الاحتياجات المستقبلية الى مخاطرة جسمية ·

وتعتبر عملية تحديد ثمن كل ميزة من مزايا المصادر المائية المتعددة الأغراض من العمليات المعقدة وتختلف وسـائـل التقرير اختلافا بينا فالعوائد الناتجة عن الطاقة الكهرومائية المولدة من مشروع متعدد الأغراض غالبا ما تنفق لتدعيم استخدامات مرغوبة أخرى للمياه مثل الرى · وعليه فان الاستفادة القصوى ـ فى حدود بعض القيود الأساسية يجب أن تكون مستهدفة وعلى سبيل المثال عند ضم متطلبات الملاحة مع تسهيلات توليد الطاقة الكهرومائية أمكن انجاز مشروعات ناجحة مثل الممر المائى لنهر الدانوب · والممر البحرى « سانت لورانس » وهذا لا بد من اعتباره عند اقامة المشروعات الكهرومائية فى مصر مثل القناطر المزمع اقامتها على النيل ·

٤ ـ التطور فى الأساليب الفنية أو التكنولوجيا :

كلما تقدمت التكنولوجيا فلا بد وأن تؤثر على مشروعات الطاقة الكهرومائية وما يتعلق بها من أنشطة سواء فى البلاد المتقدمة أو النامية · وبطبيعة الحال فان التفهم الواضح لهندسة الرى يعتبر ضرورة أساسية نظرا للطبيعة العشوائية لمصادر المياه ويجب أن يكون التقدم الذى تحقق فى تكنيك التلقيح الصناعى للسحب وما ينتج عنه من زيادة فى تصرفات الانهـار والامكانيات الحديثة للتحكم من بعـد فى المنشآت الكهرومائيـة لا تتيح الاستفادة الكافية من المحطة فحسب بل أن هذه التكنولوجيا تجعل من الممكن ادارة وتشغيل المحطات الصغيرة بطرق اقتصادية وبالتالى تكون هذه المحطات الصغيرة جزءا فعالا فى أى نظام كهربى كبيرا أو صغيرا وكذلك فان تكنولوجيا الجهد الكهربى الفائق ـ والتى تجاوزت المليون فولت

اليوم ـ تجعل نقـل الطاقة من المحطات الكهرومائية المقامة فى الجهـات النائية عن مراكز الأحمال الكهربية ـ أمر سهل التحقيق كما ان التحسن فى المواد اللازمة لتصميم وتصنيع المهمت شيء متوقع ووارد مع الزيادة المتوقعة فى استخدام المحطات الكهرومائية الصغيرة فالنتيجة الحتمية هى تحسين التصميمات وصولا الى كفاءة أعلى مع تبسيط فى أجزاء المهمات لسهولة الانتاج الكمى ولجعل التشغيل أكثر سهولة ويسر ٠

كذلك لا بد وأن تظهر تصـورات جديدة متل التوربين البصـى وتوربين التدفـق المستقيم وهناك تطور تكنولوجى آخر متـل وحـدة التوربين ـ مولد ذات المحـور المائل والذى يثبت صلاحيته للمنشـآت الكهرومائية الصغيرة والمتوسطة الحجم حيث أن جميعها تحتاج الى عمليات حفر أقل وبالتالى تكاليف أقل هذا اضافة الى تطورات أخرى متوقعة من شأنها تخفيض التكاليف النهائية للمشروع ٠

٥ ـ العوامل البيئية :

بدون شك فان عملية تحويل مجرى نهر أو عملية تخزين للمياه لا بد وأن يكون لها أثرها الفعال على حالة مجرى النهر نفسه ومن ثم يجب عمل التقدير السليم لهـذا الأثر حتى يمكن الاسـتفادة القصـوى من ايجابيـاته وتجنب أقصى ما يمكن من سلبياته ويتطلب ذلك الأخـذ فى الاعتبار النظام البيولوجى مثل وجود الأحياء المائية والتى تعتبر أحد العوامل الهامة وكذلك منع الفيضان وما يتبعه من احتجاز البقايا والحطام والطمى ما قبل السد أو الخزان وكذلك التغير فى الخواص الهيدروليكية للمجرى المائى كل ذلك قد يكون له أثار بعضها ايجـابى والآخر سلبى ويختلف مدى أثر انشاء خزان فى مجرى مائى على حياة الأسماك فى هذا المجرى اختلافا بينا ففى المجارى المائية التى يتباين فيها التصريف المائى فى المناطق القاحلة أو المناطق نصف القاحلة نجد أن انشاء خزان فى مجرى النهر يعود بالفائدة ايجابيا بالنسبة لحياة الأسماك ومن ثم يمكن زيادة الثروة السمكية تبعا لذلك ٠ وهناك عامل هام لا يمكن اغفاله وهو عامل الترويح عن النفس فالبحيرات الصناعية الناجمة عن انشاء السدود ـ وخاصة فى المناطق المجدبه ـ غالبا ما تخلق فرصا هائلة للترويح عن السكان وعلى سبيل المثال فقد تم تقدير السياحة الداخلية لأماكن الترويح المقامة حول الخزانات فى الولايات المتحدة بستمائة مليون (سائح ـ يوم) كل عام وبطبيعة الحال نجد أن هذا الرقم اضعاف رقم الزوار للمنتزهات العامة ٠

وأرى ـ من وجهة نظرى خاصة ـ ان تقوم هيئة منخفض القطارة بالمشاركة مع وزارة السياحة لاجراء دراسة لهذه الناحية بالنسبة لمشروع منخفض القطارة بجمهورية مصر العربية ولا بد وان يكون لهذا العامل أثر كبير لو ترجم الى تقييم مادى لساهم فى قيمة العائد من هذا المشروع القومى الكبير ٠

٦ ـ العوامل الاجتماعية :

هنالك بعض الآثار ـ القصير المدى على الأقل ـ على الناحية الثقافية لمنطقة ما يعتمد على مدى تطوير مصادر المياه فيها فمثلا المنشآت الكهرومائية الصغيرة يمكن أن تمد المنازل بالكهرباء واضاءة الشوارع وفى بعض الأحيان يكون ضمان وجود المصدر المائى كمنتج ثانوى حافزا للتغيير من ثقافة بدائية فى ظل فقر المال الى تحسين فى مستوى المعيشة وقد ينشأ عن المخططات الكبيرة التى تتطلب اعادة تسكين (أو تهجير) عدد من القرى مشاكل ذات أثر خطير يتطلب حلهـا الى دراية كاملة بالجوانب الاجتماعية ولا يوجد طرق سهلة لاتمام مثل هذه العمليات التهجيرية ، ولكن غالبا ما يمكن تحقيق ذلك بالتخطيط المدروس ، وعلى كل فان حل هذه المشاكل يتطلب تحليلا كاملا لخطط التطوير المقترحة لاختيار الأنسب منها ٠

٧ ـ العوامل القانونية والسياسية :

تختلف الحقوق القانونية فى المياه اختلافا بينا فبعض المناطق تملك بالضرورة حقوق ملكية نتيجة الأسبقية فى وضع اليد ـ فى امتياز الاستخدام للمياه مجسما فى مناطق رى والبعض الآخر له القليل من هذه الحقوق أو قد لا يكون له أى حقوق أى اطار قانونى ٠ وكلما اقتربت الاحتياجات للمياه من حدود الامكانيات الممكنة للمصدر كلما ازدادت المشاكل القانونية تعقيدا ٠

وتحليل المشاكل القانونية ـ من أجل المضى فى مشروعات التطوير تتطلب دراية كاملة بالموضوع المستهدف والتوازن الدقيق بين حاجات المجتمع وكما فى مناطق أخرى فالحاجة الى البيانات والمعلومات والأخذ فى الاعتبار جميع العوامل المناسبة وصولا الى الحل المنشود هنالك عدد من المشروعات الدولية قد أخذت هذه الترتيبات فى الاعتبار وصولا الى الفائدة المشتركة ولصالح التعاون بين الدول منها مشروع نهر كولومبيا ونهر سانت لورانس واللذان يتضمنان كل من الولايات المتحدة الأمريكية

وكندا ومشروع ريوجراند بين الولايات المتحدة والمكسيك ومشروع سد ايرونجيت على نهر الدانوب بين رومانيا ويوغسلافيا ومشروع نهر باراتا فى أمريكا الجنوبية وعدد آخر من المشروعات فى أوربا ويتضمن انهار الراين والدانوب وكذلك نهر الميكونج فى الجنوب الشرقى من آسيا .... الخ .

متطلبات التطور :

احدى الصعوبات الرئيسية التى تواجه قيام أى مشروع كهرومائى هو انشاء هيكل تنظيمى يمكنه القيام بواجبه بكفاءة عالية . فحتى معظم المشاريع البسيطة لا بد وان تتضمن تداخلا مع المنظمات الحكومية وان معظم المشروعات المعقدة لا بد من تخطيطها وتنفيذها وتشغيلها تحت اشراف سلطات حكومية . وعلى هذه المنظمة ان تكون قادرة على العمل بقدرات تتعدى الحدود الجغرافية حيث يشمل العمل مناطق توليد الطاقة وتسويقها داخل مناطق حوض النهر اضافة الى تملكها لمعيار دقيق لاجراء تقييم للأولويات من وجهة النظر القومية وعليه يكون عمل هذه المنظمة كجزء منه أو قريبة الارتباط بقطاع الطاقة الكهربائية اضافة الى عمل وكالات ادارة وتطوير المصادر الطبيعية .

وفى معظم الدول الصناعية وبعض الدول النامية ـ توجد فعلا منظمات تقوم بذلك العمل . وعلى أية حال فان تخطيط الاستفادة من مصادر المياه ـ ربما أكثر من أى مشروع آخر ـ يحتاج وبشدة الى كفاءات بشرية ذات دراية وتفهم كبيرين بالعوامل الطبيعية (بما فيها البيئية) والاقتصادية والاجتماعية حتى يمكنها ضمان قرارات ناضجة متزنة والصعوبات دائماً ما تحدث عند محاولة ايجاد أفضل توازن بين جميع المصالح عند تنفيذ جميع مراحل البرنامج وذلك على المدى القريب والبعيد. هذا المجال من الدراية لا بد وان يحظى باهتمام كاف من المعاهد التعليمية والتدريبية وكذلك المؤسسات المالية والحكومية . وفى الدول النامية فالحاجة ملحة جدا لتدريب الأفراد على القيام بتنفيذ التفاصيل الخاصة بعمليات التخطيط والتصميم والتركيب والتشغيل لهذه المشروعات . ويجب التنويه هنا الى ان أهم هذه العمليات هو التشغيل والصيانة الملائمة للأعمال التى يفرغ من تركيبها ولكن للأسف الشديد دائما ما يكون هنالك أوجه نقص بصفة شبه دائمة .

وعند القيام بمشروع فى حوض نهر متعدد الجنسية فلا بد من وجود كيانات تنظيمية لتحديد حصص (أو أنصبة) منصفة لكل من

التكاليف والعائد من أى مشروع وبالنسبة للدول النامية فهذا مجال يمكن ان تقوم فيه « هيئة الأمم المتحدة » أو ربما « منظمة مؤتمر الطاقة العالمى » بدور معاون عن طريق التزويد بقاعدة عريضة من الأفراد المؤهلين للقيام بتحديد المشكلة ووضع الحلول لها ·

أما مؤسسات التمويل فتتطلب دائما ترتيبات خاصة تضمن حماية كافية لرءوس الأموال المدفوعة مع الاقتناع الكامل بالتصميمات المقترحة وخطط الانشاء وادارة المشروع ومن جهة النظر العالمية فلا بد من أقصى تطوير ممكن للمتاح للمتطلبات البيئية **ويجب آلا ننسى انه كل حوالى ٦٦٠٠ك ·و·س · من أى مصدر من المصادر الكهربائية فى أى مكان فى العالم معناه توفير برميل من البترول أو أحد مكافئاته ·**

التطور المستقبلى المتوقع :

تشير الدلائل الى انه سيحدث تطورات كبيرة فى مجال توليد الطاقة الكهرومائية خلال الأجيال القادمة (أو خلال عشرات السنوات القادمة) ويبدو ان الطاقة الكهرومائية ستكون أكثر مصادر الطاقات المتجـددة لتوليد الكهرباء اقتصادا فى التكاليف · وعليه ستتكاتف الجهود نحو المزيد من انتاج الطاقة من المصادر المائية · وبطبيعة الحال هنا لك عدد من القيود بعضها له أثر معوق كبير ·

على كل ـ وبفرض وجود ترتيبات تمويليه مناسبة ـ وهذه فى حد ذاتها تعتبر مشكلة فى الدول النامية فيمكن التوقع ـ وبدرجة مقبولة ـ ان تستكمل المنشآت التى أعلن عنها عام ١٩٧٦ فى تقرير المؤتمر العالمى للطاقة الخاص بمسح مصادر الطاقة فى العـالم بحلول عام ١٩٨٥ أما المنشآت السابق تخطيطها فستكون جاهزة عام ٢٠٠٠ وهذا يمثل زيادة مقدارها مرتين وربع (٢¼) عن السعة الموجودة عام ١٩٧٦ أى بمعدل مقداره ٣ر٥٪ على مدى ٢٤ عاما ومعدل النمو هذا يقسم بين دول الأوبك والتى يبلغ النمو فيها ١ر٥٪ ودول التخطيط الاقتصـادى للمركزى (وتشمل الاتحاد السوفيتى وأوربا الشرقيـة والصـين ودول آسيا الاشتراكية) مع الدول النامية (أمريكا اللاتينية ـ الشرق الأوسـط وشمال أفريقيا ـ جنوب الصحراء الافريقية ـ شرق وجنوب آسيا فيما عدا اليابان) والتى يبلغ معدل النمو فيها حوالى ٦ر٥٪ ·

وبعد عام ٢٠٠٠ فان السعة المركبة ـ وكذلك الممكن تركيبها ـ ستكون محدودة لدول الأوبك حتى مع زيادة الضغوط عليهـا لتطوير

مصادر الطاقة المتجددة فيها لأقصى ما يمكن كما ستكون هنا لك احتياجات استهلاكية أكبر للمياه للأغراض الأخرى أكثر من مجرد توليد الطاقة الكهربائية مثل رى الأراضى الجديدة للأمن الغذائى ٠

ولقد قدر الأستاذ « اليس أرمسترونج التوقعات التالية للأعوام ١٩٨٥ ــ ٢٠٠٠ ــ ٢٠٢٠ بالنسبة للعالم حسب الجدول رقم (٥ ــ ١)٠

جدول (٥ ــ ١)

تقدير للتطورات المتوقعة بالنسبة لموقف الطاقة الكهربائية

المجموعة	مستوى الطاقة مقدرا بالألف التيراجول				
	عام ١٩٧٦	١٩٨٥	٢٠٠٠	٢٠٢٠	الممكن تطويره من واقع تقرير مؤتمر الطاقة العالمى ١٩٧٦
ـ منظمة التعاون الاقتصادى والتنمية	٣٧٧٦	٤٤٩٣	٥٢٦٩	٧٨٠٠	١٧
ـ دول التخطيط الاقتصادى	٧١٩	١٢٠٠	٢٨٨٠	٨٧٠٠	١٩
ـ الدول النامية	١٧٢	١٩٧٣	٤٩٩٠	١٨٠٠	٧
ـ الاجمالى العالمى	٥٦٦٧	٧٦٦٦	١٧٣٩	٢٨٣٠٠	٨

جدول (٥ ـ ٢)

تقدير راس المال المستثمر للمنشآت الكهرومائية لما جاء بالجدول (٥ ـ ١)

	متوسط التكاليف السنوية خلال الفترات المبينة ـ بليون دولار			
	١٩٧٦ـ١٩٨٥	١٩٨٥ـ٢٠٠٠	٢٠٠٠ ـ ٢٠٢٠	١٩٧٦ـ٢٠٢٠
ـ منظمة التعاون الاقتصادى والتنمية	٠٥ر٢	٧٠ر٣	٧١ر٧	٨٠ر٥
ـ دول التخطيط الاقتصادى المركزى	٣٩ر٣	١٠ر٧	٤٥ر١٨	٥٠ر١١
ـ الدول النامية	٦٤ر٥	٦٤ر١٠	١٧ر٢٣	٣١ر١٥
ـ الاجمالى العالمى	٠٨ر١٤	٤٤ر٢١	٣٣ر٤٩	٦١ر٣٢

بتحليل الأرقام الواردة بالجدول (٥ـ٢) يتضح لنا الحقائق التالية :

اولا :

بالنسبة للدول النامية فأن متوسط التكاليف تبلغ حوالى ٦٪ من اجمالى انتاجها القومى خلال الفترات المبينة · ومن ثم يبدو جليا أنها ستحتاج الى مساعدات ـ مالية من الدول الصناعية ·

ثانيا :

يحتمل أن تكون حالة الاسواق لبعض السلع فى الدول النامية بطيئة الحركة حيث انها تحتاج الىاستثمارات كبيرة وعلى كلفان زيادةكميةالطاقة الكهرومائية بالنسبة للاقتصاد العالمى لابد وان تساعد فى تخفيف ـ وليس القضاء على ـ وطأة هاتين المشكلتين الكبيرتين فعلى سبيل المثال فأن القوى الكهرومائية الهائلة والمزمع توليدها من منطقة منابع نهر الكونغو بافريقياـ والتى ستبلغ حوالى ٤٣٠٠٠ ميجاوات لا بد وأن يسيل لها لعاب المسئولين عن صناعة الطاقة ·

والجدير بالذكر فأن هذا المشروع ـ وفى مراحله الأولى ـ مخطط له أن يصدر الطاقة الى أسواق توزيعها عبر خطوط كهربائية ذات جهد فائق ٨٠٠ كيلو فولت ويبلغ طول الخط حوالى الف ميل ·

ثالثا :

فى الدول الصناعية فان المتوقع للطاقة الكهرومائية أن تستمر كما هو مبين بالجدول مع اعطاء أهمية خاصه للتوسع فى طاقات التوليد بالنسبة للخزانات والسدود الموجودة،أصلا والحقيقة فقد تم انشاء خزانات ـ أو سدود صغيرة ـ نسبيا فى شمال أمريكا فيما مضى ولكن المتوقع أن يزيد الاهتمام بذلك بمجرد الاحساس بجدواها الاقتصادية ٠

رابعا .

بطبيعة الحال فلا بد لنا من أن نتوقع استمرار النزاعات حول مصادر المياه ـ وستكون دائما العقبة الرئيسية هى تقرير الأولويات بالنسبة لاحتياجات الشعوب وانها حقا لمشكلة عالمية بقدر ما هى فرصة عالمية كذلك لعمل مجيد لاستغلال المصادر الطبيعية فى خدمة البشرية ٠

● الفصل السادس

مصادر الطاقة التقليدية فى مصر

قبل حرب أكتوبر عام ١٩٧٣ ونظرا لرخص أسعار النفط اعتمدت مصر كجزء لا يتجزأ من عالمنا - على النفط فى توفير غالبية احتياجاتها من الطاقة وان حبا الله مصر بنيلها العظيم الذى لم يبعث الحياة على أرضها وتوفير الخير فيها فقط بل شارك مشاركة فعالة وكبيرة فى توفير جـزء كبير من الطاقة الكهربائية والتى بلغت فى وقت من الأوقات (أوائـل السبعينيات)حوالى من ٦٥٪ الى ٧٠٪ من احتياجاتها من الطاقة الكهربائية. وبطبيعة الحال مع زيادة معدل الطلب على الطاقة الكهربائية - والتى بلغت حوالى ١٨٪ خلال عام ١٩٨١ وهو معدل يكاد أن نقول ان شعبا فى العالم لم يصل اليه حتى الآن - ومع القدرة المحددة لامكانات توليد الطـاقة من المصادر المائية المتاحة فمعنى ذلك ببساطة زيادة الاعتماد على مصادر الطاقة من أنواع من الوقود التجارية وخاصة النفط . وعليه أصبح من الضرورى جدا دراسة المصادر المتاحة للطاقة فى مصر - ووضع استراتيجية لها لامكان تنمية هذه المصادر وترشيد استخدامها .

ولقد صدر قرار السيد رئيس الجهورية عام ١٩٧٩ بتشكيل المجلس الأعلى للطاقة برئاسة نائب رئيس الوزراء للانتاج ووزير البترول لوضع الاستراتيجيات اللازمة من حيث دراسة المصادر وانتاج الطاقة وترشيد استهلاكهـا .

ويبين الجدول (٦ - ١) الاحتياطى الثابت فى العالم وفى مصر

المصـــدر	الوحـــدة	فى العـــالم	فى مصر	النسبة المئوية
- بتـــرول	مليون برميـل	٦٤٠٥٦٩	٣١٠٠٠	٤٨ر٠
- غـــاز	مليون برميـل	٤٦٠٠٤٢	٩٤٢	٢٠ر٠
- زيت ثقيـــل	بليون برميـل	٣٠١٠	ــــ	ــــ
- زيت متحجـــر	بليون برميـل	٣١٢٦٤	ــــ	ــــ
- فحم (احتياطى جيولوجى)	مليـــون طن	١٠١٢٥٢٦٤	٨٠	٠٠٠٨ر٠
- فحم (احتياطى متاح)	مليـــون طن	٦٣٦٣٦٤	ــــ	ــــ
- طاقة مائيـــة	ميجـــاوات	٢٣٤٢٦٣٩	٣٨٠٠	١٦ر٠

المصـــدر :

البنك الدولى « الطاقة فى الدول النامية ـ أغسطس ١٩٨٠ » ٠ من الجدول يتبين لنا ضآلة نصيب مصر من مصادر الطاقة التقليدية التجارية حيث أن تعداد سكان مصر يمثل حوالى ١٪ من سكان العالم بينما نرى ان نصيبه من البترول مثلا يقل عن ½٪ من الغاز لا يتجاوز ⅕٪ ومن الطاقة المائية لا يتجاوز ½ ٪ ٠

وجدير بالذكر فانه وعلى الرغم من ان تعداد سكان الدول النامية فى عالم اليوم يبلغ حوالى ٧٥٪ من تعداد سكان العالم الا انهم يستهلكـون وحسب نفس المصدر ـ ١٤٠٠ مليون طن من النفط المكانى (أو المقابل) من جملة استهلاك العالم البالغ ٧٣٥٠ ـ مليون طن لعام ١٩٨٠ أى حوالى ١٩٪ فقط من استهلاك العالم ويبلغ نصيب مصر منها لنفس العام حوالى ٢٤ مليون طن أى حوالى ½٪ من استهلاك العالم وهذه مقسمة الى حوالى ١٥ مليون طن مكافىء من البترول : بترول وغاز طبيعى وفحم ٠

يجب ان نقر هنا ان البترول سيظل وقودا أساسيا لمحطات القوى الكهربائية والحرارية فى مصر وقد شاء العلى القدير ألا يحرم أرض الكنانه منه فوصل الانتاج فى ١٩٧٦ الى ٢٣٠٫٠٠٠ برميل يوميا ثم الى ٤١٥٫٠٠٠ برميل يوميا عام ١٩٧٧ ثم الى ٦٠٠٫٠٠٠ برميل يوميا عام ١٩٨٠ والمتوقع ان يصل الانتاج الى مليون يوميا عام ١٩٨٥ ويحق لمصر عندئذ الدخول ضمن منظمة الأوبك باذن الله ٠

وفى مجال انتاج البترول فيمكن القول بأن اكتشاف البترول فى مصر كان عام ١٨٦٨ واستخراج البترول الخام عام ١٩١١ وأنشىء أول معمل تكرير له عام ١٩١٣ ولقد بلغت مساحة المناطق التى شملها البحث حتى عام ١٩٥٢ حوالى ١٤٩٠ كيلو مترا مربعا فقط ومنذ ذلك العام تم انشاء شركات واعطاء تراخيص وعقد اتفاقيات جديدة للبحث عنه وكانت حصيلة ذلك اكتشاف حقول جديدة بالقرب من السويس فى الصحراء الغربية والدلتا مثل حقول بلاعيم وبكر ومرجان والعلمين وأبو قير وأبو الغراديق ٠ ووصلت مساحة الأراضى التى يجرى البحث فيهـــا حوالى ٥٦٩٫٠٠٠ كيلو متر مربع أى حوالى ٥٦٪ من اجمالى مساحة الجمهورية ويقوم بالتنقيب فيها ٣٤ شركة عالمية تضم ١٣ جنسية وفقا لبنود ٦٢ اتفاقية أبرمت مع الحكومة المصرية منذ عام ١٩٧٣ حتى عام ١٩٨١ وطبقا لهذه الاتفاقيات التزمت هذه الشركات بانفاق نحو ١٣٣٦ مليون دولار (اضافة الى دفع منح توقيع لا تسترد بلغ اجماليها نحو ١٢٠ مليون دولار) وقد تم انفاق ما يقرب من ١١٦٢ دولار فى عمليات البحث منذ عام ١٩٧٣ حتى عام ١٩٨١ ٠

وكان من نتائج زيادة الانتاج من البترول والغازات الطبيعية من حوالى ٨٫٥ مليون طن عام ١٩٧٣ الى حوالى نحو ٣٣ مليون طن عام ٨٠ / ١٩٨١ كما بلغت ــ الاحتياطات التى اضافتها الاكتشافات الجديدة خلال هذه الفترة نحو ٣٧٢١ مليون برميل ٠

وفى مجال صناعة تكرير البترول فقد وضعت وزارة البترول خطة للتوسع فى صناعة تكرير البترول المحلية وتطويرها لتغطية احتياجات مصر من المنتجات البترولية الرئيسية وبعض المنتجات الخاصة مع تحسين مواصفاتها وفى هذا المجال نذكر انه تم عام ١٩٧٧ تشغيل معامل التكرير المحلية لمعالجة نحو ١١ مليون طن من النفط الخام تستوفى منها احتياجات السوق المحلية (قدرت عام ١٩٧٧ بحوالى ٩ مليون طن) والباقى يصدر للخارج ٠

وفى مجال التخزين والنقل والتوزيع فقد وضعت وزارة البترول ثم قامت بتنفيـذ خطة للتوسع فى المشروعات اللازمة للتخزين والنقل والتوزيع والتسويق لمقابلة الزيادة فى الاسـتهلاك المحلى من المنتجات البترولية وذلك الى جانب الزيادة فى عمليات التصدير ونذكر فى هذا المجال ما قامت به الوزارة مثل :

ـ تدعيم شركات التوزيع بالنسبة لعمليات تموين السفن بعد فتح قناة السويس مع تزويدها بالناقلات اللازمة لذلك ٠

ـ انشاء محطات جديدة لتعبئة البوتاجاز ـ والذى سيأتى ذكره بعد قليل ـ والتوسع فى انشاء مخازن توزيعه ٠

ـ أخيرا انشاء أول وأكبر مشروع عربى مشترك مع مصر لنقل البترول وهو مشروع خط أنابيب « سوميد » والذى بدأ تشغيله عام ١٩٧٨ (تجارب بدء التشغيل) وبلغت تكاليفه حوالى ٤٠٠ مليون دولار سـاهمت فيها الشقيقات السعودية والكويت والامارات العربية وقطر ٠

أما فى مجال استهلاك البلاد من المنتجات البترولية مثلا خلال الفترة من عام ٧٥ حتى عام ١٩٧٩ (المصدر : نحو برنامج وطنى للحفاظ على الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها للمهندس أحمد نور الدين خبير الطاقة بوزارة البترول بمصر (مجلة المهندسين ـ العدد الثالث ـ ١٩٨٠) فقد ارتفع بنحو ٥٣٪ وبمعدل نمو سنوى قدره ١١٪ فى المتوسط حيث زاد الاستهلاك من ١٥ر٧ مليون طن بترول مكافىء (معادل) عام ١٩٧٥ الى نحو ٩ر١٠ مليون طن بترول مكافىء (معادل) عام ١٩٧٩ وحيث ارتفع اجمالى استهلاك البلاد من الطاقة الثانوية المحولة خلال نفس الفترة ـ بنحو ٤٦٪ أى بمتوسط معدل نمو سنوى حوالى ١٠٪ فقد زاد الاستهلاك من نحو ٥ر٩ مليون طن بترول معادل عام ١٩٧٥ الى ٩ر١٣ مليون طن بترول معادل عام ١٩٧٩ ٠

واذا استمر نمو استهلاك الطاقة على معادلاته السنوية المذكورة أعلاه فمعنى هذا ان يصل اجمالى الاستهلاك المحلى من المنتجات البترولية عام ١٩٨٥ الى نحو ٢٢ مليون طن منها نحو ٥ر١٦ مليون طن من منتجات التكرير ونحو ٥ر٢ مليون طن من الغازات الطبيعية وهنا لنا وقفة :

فعلى الرغم من امكانية تغطية الاستهلاك بالانتاج المحلى أليس من الأفضل توفير جزء من الاستهلاك ـ من خلال وسائل الترشيد المختلفة ـ للتصدير لتحسين ميزان المدفوعات ـ وخاصة وان البترول أصبح المصدر الأول لتوفير احتياجات البلاد من العملات الحرة ؟

وعلى كل حال سنتعرض لهذا الموضوع بشيء من التفصيل فى الجزء الخاص بالترشيد ·

ثانيا : الغاز الطبيعى :

يستعمل الغاز الطبيعى كوقود وكمادة أساسية فى الصناعات البتروكيماوية وصناعة الأسمدة ·

وقد اكتشفت فى مصر عدة حقول للغازات الطبيعية بالاضافة الى الغازات المصاحبة لخام البترول فى حقول خليج السويس منها :

١ ـ حقل أبو ماضى :

ويقع على بعد ٤٠ كيلو مترا شمال مدينة المنصورة ويقدر الاحتياطى له بحوالى ٣٤ بليون متر مكعب · وقد بدأ انتاج هذا الحقل عام ١٩٧٥ (المصدر : وقائع المؤتمر السنوى الاول ـ لمجلس بحوث البترول والطاقة والثروة المعدنية ـ أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا ـ نوفمبر عام ١٩٨٠) ويستخدم فى مصانع طلخا للاسمدة وكذلك كوقود لمحطات التوليد الكهربائية فى كل من طلخا والمحلة الكبرى ·

٢ ـ حقل أبو الغراديق :

ويقع فى الصحراء الغربية وقد تم اكتشافه عام ١٩٦٩ وقدر الاحتياطى به بحوالى ٢٢ بليون متر مكعب وبدأ استخدامه فى مصنع الأسمدة بالسويس ومصنع الحديد والصلب بحلوان وشركات الأسمدة بطرة · كما تم مد خط أنابيب الغازات بطول ٣٠٠ كيلو متر من هذا الحقل الى منطقة تجميع الغازات وتنقيتها فى دهشور · وذلك لاستخدامها فى المنشآت الصناعية بحلوان ثم مد خطوطها الى مصانع الأسمدة بالسويس ثم الى القاهرة ·

٣ ـ حقل أبو قير البحرى :

وهو يقع فى مياه البحر الأبيض المتوسط على بعد ٤٠ كيلو مترا شمال مدينة الاسكندرية وقد تم اكتشافه عام ١٩٦٩ ويقدر الاحتياطى المخزون به بحوالى ٢١ بليون متر مكعب ومن المقرر استخدام غازات هذا الحقل فى انتاج سماد اليوريا فى مصنع أبى قير وكذا فى تشغيل محطة توليد كهرباء أبى قير ومشروع حديد التسليح بالدخيلة ·

هذا بالاضافة الى مشروعات الاستفادة من الغازات المصاحبة للبترول

بتجميعها من حقول مرجان ويوليو ورمضان بخليج السويس لاستغلالها فى صناعة الأسمدة وتوليد الكهرباء بمنطقة السويس بطاقة اجمالية تصل الى ٥ر١ بليون متر مكعب سنويا ٠

أما الغازات الفائضة فيمكن حقنها فى الحقول لزيادة انتاجها وللمحافظة على الضغط فيها ٠

ثالثا : الفحم :

١ ـ فحم جبل المغارة :

بدأ أول عمل للكشف عن الفحم والمواد الكربونية فى منطقة جبل المغارة شمال سيناء (حوالى ٩٠ كيلو مترا جنوب غرب مدينة العريش) عام ١٩٥٩ وقدرت احتياطات الفحم فيه كالتالى :

ـ احتياطى مؤكد	٨ر٢٧ مليون طن
ـ احتياطى متوقع	٨ر٧ مليون طن
ـ الاحتياطى القابل للاستخراج	٦ر٣٥ مليون طن
ـ الاحتياطى الجيولوجى	٨ر٥١ مليون طن

وجدير بالذكر بأنه قد ثبت حديثا ـ عام ١٩٨٢ ـ أن الاحتياطى الجيولوجى يزيد عن ذلك بحوالى ١٠ مليون طن ٠

وقد بلغ جملة انتاج الفحم من هذا المنجم منذ افتتاحه عام ١٩٦٤ حتى توقف العمل به عام ١٩٦٧ حوالى ٢٦٠٠٠ طن فقط استهلكتها مصانع الدلتا للصلب ومحطات توليد الكهرباء وكان قد تم اعداد المنجم للانتاج بطاقة تبلغ ١٥٠ ألف طن سنويا كمرحلة أولى وجارى الدراسات اللازمة للارتفاع بالانتاج الى ٧٥٠ ألف طن سنويا على مدى خمس سنوات٠

ولقد تبين أن الفحم المنتج (المصدر : وقائع المؤتمر الأول لمجلس بحوث البترول والطاقة والثروة المعدنية ـ أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا ـ نوفمبر ١٩٨٠) لا يصلح لانتاج فحم كوك ذى خواص تسمح له بالاستعمال فى الأفران العالية لانتاج الحديد وذلك لارتفاع نسبة الكبريت فيه الا ان التجارب التى أجريت عليه تحت ظروف محكمة الضبط وبعد خلطه بفحومات أخرى (مستوردة من جهات أخرى من

العالم مثل الفحم الاسترالى أو الأمريكى أو الكندى) يمكن الحصـــول على فحم ذى خواص تكويكية تسمح له بالاستعمال فى الأفران العالية ٠ هذا الى جانب امكانية استخـــدام الفحم المستخرج من هــذه المنطقة لأغراض صناعية أخرى أما بعد غسيله أو تصنيعه الى نصف كوك (أى تكويكية عند درجة حرارة منخفضة) أو خلطة بنسب معينة مع أنواع أخرى ـ مثل صناعة تلبيد خامات الحديد أو اختزاله فى الأفران الكهربية أو مشروعات انتـــاج الفيرومنجنيز أو الفيروسيليكون أو الزنك أو بحرقـــة ـ كوقود ترابى ـ فى غلايات البخار بمحطات توليد الكهرباء البخارية وفعلا وضعت وزارة الكهرباء فى خططها الخاصة بانشاء المحطات الحرارية انشاء محطة تعمل بالفحم كوقود أساسى ـ فى شبه جزيرة سيناء بقدرة تصميمية ٦٠٠ ميجاوات قابلة للتوسع الى ٣٢٠٠ ميجاوات وجارى اتخاذ الخطوات اللازمة لتمويل هذا المشروع الحيوى الكبير والذى سيكون بداية السلسلة من محطات أخرى تعمل بالفحم ليصـــل مجموع سعاتهـــا حـــوالى ٢٠٪ من اجمـــالى سعات محطـــات التوليد للجمهورية عام ٢٠٠٠ ٠

٢ ـ منطقة بدعة ونورة :

أمكن اكتشاف طفلة كربونيـــة بهذه المنطقة والتى تقع فى الجزء الغربى من وسط شبه جزيرة سيناء على بعد ٣٥ كيلو مترا شرق أبى زنيمة ولكن تحتاج الى مزيد من الدراسة لتأكيد الاحتياطات المتوقعة والتى ثبت مبدئيا انها تصل الى ٦٠ مليون طن كأحتياطى ممكن ولكن لم يثبت مبدئيا سوى ٧٫٥ مليون طن كأحتياطى مؤكد ومتوقع فقط ٠

٣ ـ منطقة عيون موسى :

ثبت وجود الفحم فى هذه المنطقة والتى تقع فى الجزء الغربى من وسط سيناء على بعد ١٤ كيلو متر جنوب شرق مدينة السويس ـ فى صـــورة عدسات متقطعة الا ان هـــذا الفحم ثبت عدم جدوى تشغيله اقتصاديا عـــلاوة على صعوبة استخراجه لتواجده على أعمـــاق غائرة (من ٤٠٠ الى ٦٠٠ متر تحت سطح الأرض) اضافة الى تشبعه بالماء ٠ وبطبيعة الحال من الحكمة تأجيل النظر فيه فى الوقت الحالى ٠

رابعا : الطاقة المائية :

يعتبر نهر النيل هو المصدر الرئيسى للطاقة الكهرومائية ٠ ثم يأتى

أما بالنسبة لمحطات الضخ والتخزين المائية فيعتبر خليج السويس من أصلح المناطق لهذا النوع من المحطات لتوافر كل من مياه التخزين وكذلك الطبيعة الطبوغرافية للمنطقة بحيث تسمح بالتخزين على ارتفاع كـــاف ٠

وسنتناول كل هذه المصادر بايجاز فيما يلى ٠

(أ) مصادر الطاقة الكهربائية من نهر النيل :

كمـا ذكرنا آنفا فان نهـر النيل يعتبر المصـدر الرئيسى للطاقة الكهرومائية فى مصر وحيث ان كمية المياه ـ أو تصرفات المياه ـ من محطتى السد العالى وخزان أسوان وما يليهم من قنـاطر وخزانات ـ تتناسب واحتياجات الرى الفعلية فان الطاقة الكهربائية المولدة تعتمد مباشرة على هذه الاحتياجات ٠

ويبلغ تصرف نهر النيل عند السد العالى ٥٥ (خمسة وخمسون) بليون متر مكعب سنويا وبسقوط من أسوان الى القاهرة لا يتجاوز ٧٠ (سبعين) مترا ٠ ومن ثم فان أقصى قدرة متاحة من نهر النيل هى ٣٢٠٠ (ثلاثة آلاف ومائتى) ميجاوات ٠

ـ محطة السد العالى تم الانتهاء من انشائها من عام ١٩٦٧ حتى عام ١٩٧٠ لتوليد مليارات كيلو وات ساعة سـنويا ٠ بها اثنتى عشرة توربينة (من نوع فرانسيس) قدرة كل منها ١٧٥ ميجاوات باجمالى ٢١٠٠ ميجاوات ٠

ـ محطة خزان أسوان الأولى وانشئت عام ١٩٦٠ وبها ٧ وحدات (من نوع كابلان) قدرة كل منها ٤٦ ميجاوات ووحدتين قدرة كل منهمـا حوالى ١١ ميجاوات ٠ أى ان مجموع القدرات المركبـة ٣٤٥ ميجاوات ٠ وهذه المحطة تغذى فى الأساس مصنع السماد (كيما) بأسوان وقد تحول التوليد الموسمى لهذه المحطة الى توليد مستمر بعد انشاء السد العالى ٠

ـ محطة خزان أسوان الثانية : الغرض من انشـاء هذه المحطة الاستفادة من فائض المياه المارة بالسد العالى والتى تملأ البحيرة بين السد العالى وخزان أسوان وتجعل منسوبها ثابتا فى أغلب أيام العام وذلك لتوليد الطاقة الكهربائية وجارى انشاء المحطة بقدرة اجمالية تبلغ ٢٧٠ ميجاوات ٠

وسيصل انتاج محطتى أسوان الأولى والثانية الى حوالى ٢ر٣ مليار كيلو وات ساعة سنويا ان شاء الله ٠

وجدير بالذكر هنا انه توجد محطتان مائيتان قديمتان بنجع حمادى بقدرة ٣ ميجاوات (أنشئت عام ١٩٣٩) وبالغرق السلطانى بالفيـــوم بقدرة ٣ ميجاوات كذلك (انشئت عام ١٩٣١) ومما لا شك فيه فقد كانت هاتان المحطتان من المدارس التدريبية وساهمت فى تكوين الكوادر الفنية اللازمة لانشاء وتشغيل وصيانة المحطات المائية الكبرى بالسد العالى وأسوان ٠

وقد درست بعد ذلك امكانيات التوليد من القناطر الحالية والمستقبلية وأسفر تقرير المكتب الاستشارى ف٠بى٠بى٠ السويدى عام ١٩٦٠ عن امكان استغلال السقوط المائى من بين أسوان والبحر الأبيض المتوسط لتوليد ٧٠٠ ميجاوات وايدت دراسة خبراء الاتحاد السوفيتى عام ١٩٧٧ الجدوى الاقتصادية لهذه المشروعات الى جانب أهميتها لتنظيم مجرى نهر النيل وحمايته ٠

ومن هنا المنطلق اتخذت ـ وجارى اتخاذ خطوات تنفيذية فى هذه الاتجاه نذكر منها ٠

ـ دراسة كهربة القناطر حاليا فى كل من اسنا (حوالى ١٠٠ ميجاوات ونجع حمادى (حوالى ٥٠ ميجاوات) وأسيوط (حوالى ٥٠ ميجاوات) أى بقدرة اجمالية من القناطر الثلاثة حوالى ٢٠٠ ميجاوات ويقدر اجمالى الطاقة المولدة عند اتمام كهربتها منها بحوالى ٥ر١ مليـــار كيلو وات ساعة سنويا ٠

ـ عند انتهاء وزارة الرى من دراسة ـ وفى حالة تقريرها ـ بناء قناطر جديدة على النيل فى مناطق السلسلة وقفط وسوهاج وديروط لمواجهة احتياجات الرى ومعالجة السنجر فى النهر ٠ فيمكن عندئذ انشاء محطات توليد كهرباء على هذه القناطر أيضا ٠

ـ تجرى دراسة استغلال الطاقة الكهربائية المتاحة بمقادير محدودة عند مداخل الترع والرياحات (المينى هيدرو والميكروهيدرو) فى كل من الوجه البحرى والوجه القبلى ولكن يقدر اجمالى الطاقة الكهربائيـــة المولدة من هذه الوحدات الصغيرة والدقيقة بحوالى ٢٥٠ مليار كيلو وات ساعة سنويا فقط ٠

ــ وللاستفادة القصوى من المصادر المائية المتاحة فى مصر تجرى دراسات لامكان الاستفادة بتركيب وحدات كهرومائية صغيرة ــ أو دقيقة فى مواقع المحطات المائية القديمة فى الغرق السلطانى والعزب وطامية ٠

ويبين الجدول رقم (٦ ــ ٢) التصرف والسقوط والقدرة فى المواقع المختلفة ٠

الموقـــع	السقوط (متر)	التصرف (متر مكعب/ثانية)	القـــدرة (كيلو وات)
دميـــاط	١ر٣	٢٩٣	٧٦٠٠
رشـــيد	٣ر٣	٢٦٨	٦٠٠٠
زفـــتى	٥ر٣	٦٠	١٨٠٠
ديـــروط	٣ر٥	١٠٤	٤٨٠٠
الرياح التوفيقى	٢ر٢	١٥٥	١٥٨٠
الناصرى	٨ر١	٣١	٢٧٠
المنصورة	٥ر١	٧٣	٤٠٠
العباسى	٥ر١	١٥٠	٩٤٠
قـــرين	٣ر١	٩٢	٦١٠
باجوريا	٩ر١	٤٢	٤١٠
ابراهيمية	٧ر١	١٣٣	١٦٠
اليوســـفى	٧ر٠	١٣٨	١٠٧٠
كلابيـــة	٠٦ر٢	٣٩	٣٨٠
اســـفون	٢	١٦	٥٠

❊ المصدر (وقائع المؤتمر الأول لبحوث البترول والطاقة والثروة المعدنية ــ نوفمبر ١٩٨٠) ٠

(ب) منخفض القطارة :

وهو أكبر منخفض طبيعى فى العالم ويقع غرب الدلتا والى الجنوب من البحر الأبيض المتوسط بحوالى ٧٥ كيلو متر ٠ ويبلغ أقصى عمق فيه ١٤٥ مترا تحت سطح البحر وتبلغ مساحته ١٨٠٠ كيلو متر مربع ويمكن استغلال هذا الموقع فى توليد الكهرباء بواسطة حفر مجرى مائى لتوصيل

مياه البحر الأبيض المتوسط الى المنخفض وتكوين بحيرة صناعية فى المنخفض حتى منسوب ٦٠ متر تحت سطح البحر على ان يكون تصرف الماء الى البحيرة معادلا لكميات البخر منها وهو ما يقدر بحوالى ٦٠٠ متر مكعب فى الثانية الواحدة حيث ستبلغ مساحة البحيرة عند هذا المنسوب حوالى ١٢٠٠٠ كيلو متر مربع ٠

وتقدر القدرة المركبة فى المحطة المائية بحوالى ٦٠٠ ميجاوات وتقدر الطاقة المنتجة منها سنويا بحوالى ٥ (خمسة) مليار كيلو وات ساعة وذلك خلال عملية ملء البحيرة وتقدر بفترة زمنية مقدارها حوالى عشر سنوات ٠

وبعد هذه الفترة يمكن للمحطة العمل فى أوقات الذروة والطوارىء لانتاج طاقة تقابل التصرف المعدل للبحيرة ٠

كما يوجد فى الهضبة على الحافة الشمالية للمنخفض التى يبلغ ارتفاعها حوالى ٢٤٠ متر فوق سطح البحر حوض طبيعى يمكن الاستفادة منه لانشاء محطات ضخ وتخزين يمكن ان تصل قدرتها الى حوالى ٥٠٠٠ ميجاوات ٠

(ج) محطات الضخ والتخزين :

وهذه تمثل امكانية كبيرة للحصول على قدرة كبيرة لمواجهة متطلبات الأحمال الكهربائية أثناء فترات الذروة أو للمساهمة فى مواجهة الطوارىء التى ينتج عنها نقص فى قدرات توليد المحطات الحرارية ٠

ويمكن تحقيق ذلك فى مصر بضخ مياه النيل أو مياه البحر الأبيض المتوسط أو مياه البحر الأحمر (خليج السويس مثلا) الى خزانات مرتفعة على ظهور الجبال المجاورة مثل نجع حمادى والمقطم بجوار مجرى نهر النيل أو جبل عتاقة وجبل الجلالة بالقرب من خليج السويس أو دير كريم بالقرب من منخفض القطارة ٠

وقد تم دراسة عدة مواقع بالجمهورية الا انه قد وجد ان أصلحها لانشاء محطات الضخ والتخزين ـ بالاضافة الى محطات الضخ والتخزين على حافة منخفض القطارة ـ هو منطقة خليج السويس حيث تتوافر مياه البحر بالقرب من جبل الجلالة وارتفاعه حوالى ٦٠٠ متر ٠ أو جبل عتاقة وارتفاعه ٥٠٠ متر ٠ وجارى اجراء الدراسات لتنفيذ أول مشروع لضخ وتخزين الطاقة فى مصر بقدرة ١٢٠٠ ميجاوات فى موقع الجلالة على مرحلتين ٠

وهنالك وسائل أخرى فنية لتخزين الطاقة مبينة بالملحق ٠

● الفصــل السابع

تكنولوجيا تخزين الطاقة

كان أحد نتائج أزمة الطاقة التى برزت بشكل واضح بعد حرب أكتوبر المجيدة ثم ما اتبع ذلك من دراسات وأبحاث للتقليل من الاعتماد على النفط فى توليد الطاقة أن توصل العلماء والمهندسون الى أهميــة التوغل قدما فى خطوط تكنولوجية متوازية وهى :

١ ـ البحث عن مصادر جديدة للطاقة ٠

٢ ـ دراسة الوسائل الكفيلة بترشيد استهلاك الطاقة ٠

٣ ـ تخزين الطاقة ٠

وسنتناول فى هذا المقال عرضا سريعا لموضوع تخزين الطاقة ثم بعد ذلك ستتعرض بشىء من التفصيل لاكثر الوسائل تطبيقا من الناحية العملية ٠

تطور فكرة تخزين الطاقة :

يجب أن نعترف أنه من الطريف أن العلمـاء والمتخصصين ـ وفى أحيان كثيرة كانوا يعودون فى مجال تخزين الطـــاقة الى أفكار ليست بجديدة وكثيرا ما اضطروا الى فحص التصورات القديمة والتى ســـبق فشلها اقتصاديا عند الاخذ فى الاعتبار الاسعار القديمـــة للنفط والتى وصلت فى أوائل السبعينات الى ٢ر٥ دولار للبرميل أى حـوالى ١٧ر٥ للطن من النفط الخام) ٠ ومن ناحية أخرى فقد برزت أفكـــار جديدة وتطورت التكنولوجيا فى ظل الارتفاع الكبير فى سعر النفط والذى وصل الى ٣٤ دولارا للبرميــل (حســب ســـعر الأوبك أول الثمانينات) ٠

ويجدر الاشارة هنا الى أن الاهتمام بدأ يزداد بفكرة خزن الطاقة عندما لاحظ المتخصصون بأنه عند استغلال بعض أنواع الطاقة الجديدة ــ مثل توليد الكهرباء من حركة المد والجزر في البحار والمحيطات والتي تختلف قيمتها حسب ساعات الليل والنهار ــ لارتباطها بحركة القمر حول الأرض ــ أن فترات ذروة الاحمال الكهربائية (أو الطلب على الطاقة الكهربية) في الشبكات الكهربائية الموحدة لا تتطابق مع فترات امكانيات توليد الطاقة من حركة المد والجزر مما حدا بالمتخصصين الى التفكير في حل هذه المشكلة بتخزين الطاقة للاستفادة منها عند الفترات الحرجة أى فترة ذروة الاحمال والتى هى فى مصر على سبيل المثال بين السادسة والثامنة مساء تقريبا بينما فى دول الخليج ذات الطقس القارص فتكون تقريبا بين الساعة الثانية والرابعة ظهرا صيفا .

وفى اتجاه تخزين الطاقة أمكن لاحدى المؤسسات الصناعية الامريكية مؤسسة (ACRES) أن تضع فى أوائل حقبة السبعينات من هذا القرن تصورا لتصميم محطة تعمل بطاقة المد والجزر وذلك لادارة توربين مائى وهذا يقوم بادارة ضاغط (كباس) هواء ليقوم بتخزين هذه الطاقة بشكل هواء مضغوط فى مغارة (منحوته فى صخور غالبا ملحية) تحت سطح الارض لاعادة استخدامه لتشغيل توربينات تقوم بادارة مولدات كهربائية وهذه تغذى الشبكة الكهربائية بالطاقة ــ ومن ثم تدعمها ــ وقت ذروة الأحمال ويبين الشكل رقم (٧ ــ ١) هذا التصميم المبكر .

ولكن من وجهة النظر الاقتصادية فلم يكن هذا التصميم وقتذاك (حوالى عام ١٩٧١) اقتصاديا عند مقارنته بأسعار الطاقة المولدة من الوقود النووى أو من أى أنواع الوقود الحفرى أما بالنسبه لتطوير وسائل استغلال طاقة المد والجزر فكان لابد من الانتظار لحين حدوث تغيير جذرى فى اقتصاديات توليد الطاقة .

ومن ثم سادت الفكرة الخاصة بتخزين الطاقة والتى تقدمت منذ عام ١٩٧١ لتتشابك مع تصورات تقليدية عديدة لتوليد الطاقة ولقد سبق العمل فى هذا الاتجاه الارتفاع السريع فى أسعار النفط وما ترتب عليه من زيادة اهتمام المؤسسات المشتغلة بالطاقة الكهربائية باعادة « توقيت » الطاقة الرخيصة الفائضة من وحدات التوليد الرخيصة التكاليف لمقابلة أوقات الذروة والتى تستمد طاقتها من معدات تحرق وقودا مرتفع التكاليف .

وسائل تخزين الطاقة :

أولا : الوسائل ذات الاستخدام المحدود :

١ ـ تخزين طاقة الحركة بواســطة الحذاقات (Flywheels) وهى احــدى الوسائل الميكانيكية وفكرتهــا عبــارة عن عجلة ضــخمة ذات وزن ثقيل وتستخدم نظرا لكبر عزم قصورها الذاتى ـ كتخزين مؤقت للطــاقة فى معظم الآلات التى تدار بواسطة عمود ادارة (Shaft-driven System) وذلك بغرض تثبيت حركة الآلة (أو بوجه أدق للتقليل من تغير الحركة) عند التغيرات اللحظية فى طاقة الحركة والتى قد تنتج بتأثير أى عامل خارجى بل يمكنها ان تمد الآلة بقدر كبير من القــدرة لفترة قصيرة وكما هو الحال فى قاطرات · (مترو) الانفاق والمنتشرة فى معظم الدول المتقدمة ·

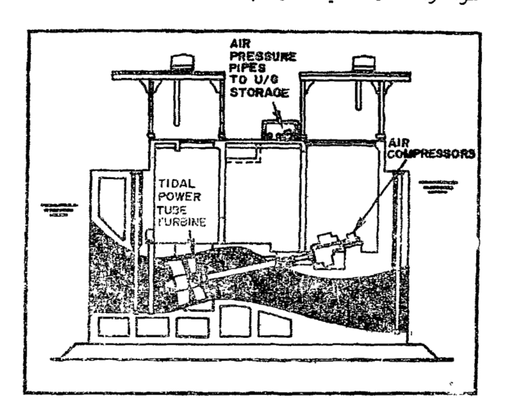
٢ ـ وسائل التخزين الكهربائية وهذه الوسائل ـ وان لم يعمم انتشارها ـ الا أنها تبشر بنتائج طيبة فى المستقبل · وهى عبارة عن موصلات كهربائية تحفظ تحت درجة تبريد منخفضة جدا (تبريد فوق العادة) وهذه تقوم بتخزين الطاقة الكهربائية فى مغناطيسات حلقيــة توضع تحت سطح الارض (شكل ٧ـ٢) حيث يمكن ان تمدنا بطــاقة كهربائية لفترة لحظية حسب الطلب ويقوم بالتحكم فى كمية هــذه الطاقة دوائر الكترونية ·

ومن أهم مزايا هذه الطريقة هى عدم وجود اجزاء متحركة وبالتالى فهو ذات مجال جاذبية للمشتغلين بموضوع تخزين الطاقة نظـرا لطول عمرها الافتراضى بجانب انعدام تكاليف التشغيل والصيانة تقريبا ويتوقع الكثيرون لهذه الوسيلة بالتطور السريع نحو تحسين التصميمات الخاصة بها والتوسع فى تطبيقاتها ·

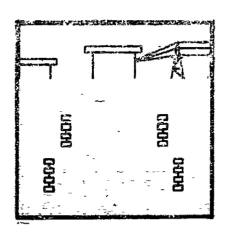
٣ ـ وسائل التخزين الكيماوية باستخدام البطاريات (المراكم) الكهربائية وذلك بتحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة كيمــاوية تختزن داخل البطاريات لتحويلها مرة أخرى الى طاقة كهربائية عند الحــاجة وهذه الوسيلة هى أكثر الوسائل استخداما فى التغذية الكهربائيــة للاستخدامات المستقلة وخاصـــة وسائل النقل · وجـدير بالذكر ان التكنولوجيا الحالية مكنت من استنباط أنواع جديدة من البطاريات بدلا من بطاريات الأحماض والرصاص والتى كثر استخدامها لمدة طويلة ·

٤ ــ وسائل التخزين الحرارية بتحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة حرارية تختزن داخل وسيط حرارى مثل بخار الماء أو مـاء تحت ضغط عال أو الموائع Fluids ذات الخـواص الحرارية الحسـاسة مثل بعض أنواع الزيوت • وهـذه ــ مع ارتفـاع درجة العـزل الحرارى للحاويات Containers يمكن استغلالها لادارة توربينات بخارية وهذه تقـوم بدورها بادارة المولدات الكهربائية أثنـاء فتـرة ذروة الأحمـال لتدعيم الشبكة الكهربائية بالطاقة •

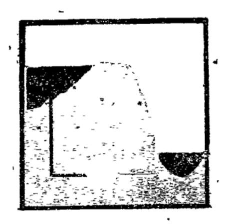
وهنالك طريقة أخـرى وهى استخدام الطـاقة الحرارية الكامنـة Latent Heat المختزنة فى الأملاح المنصهرة لنفس الغرض الا أن هذه الوسيلة من التخزين وكما ثبت عمليا أقل طرق التخزين تطبيقـا نظرا لفوائدها الاقتصادية المحدودة جدا •



شكل ٧ ــ ١ التصميم الأولى لمحطة تخزين
طاقة المد والجزر باستخدام ضواغط الهـواء
(عام ١٩٧٠)



شكل ٧ ـ ٢ وسيلة التخزين الكهربائية
باستخدام الحلقات المغناطيسية تحت الأرض



شكل ٧ ـ ٣ طريقة التخزين بواسطة ضخ
المياه الى خزانات علوية

ثانيا : وسائل التخزين الشائعة التطبيق :

استخدمت المؤسسات الكهربائية فكرة توليد الطاقة الكهربائية أثناء فترات الحمل الأدنى ثم تخزينها منذ أكثر من ثلاثين عاما وذلك لامداد النظام (أو الشبكة) بالطاقة أثناء فترة الذروة وعندما يتجاوز معدل الطلب على الطاقة قدرات التوليد الاقتصادية المتاحة وذلك بتوليد الطاقة من محطات التوليد الاكثر اقتصادا فى الوقود واعادة تغذيتها الى الشبكة الكهربائية مما يجنبها تشغيل وحدات توليد ذات تكلفة عالية وفى هذا وفر اقتصادى على الرغم من أن الفاقد فى كمية الطاقة يتراوح بين ٢٥ الى ٣٠٪ .

وبافتراض ان سعر تكلفة الطاقة الرخيصة (بسعر مدعم مثلا) ٣ مليمات وسعر الطاقة باهظة التكلفة ١٠ مليمات فمعنى ذلك ان كل وحدة طاقة (١ كيلووات ساعة) تختزن تكلفنا ٣ مليمات لاعادتها للشبكة لتوفير طاقة مقدارها ٧ر٠ كيلووات ساعة قيمتها ٧ر٠ × ١٠ = ٧ مليمات أى ان الوفر هنا ٤ مليمات لكل كيلووات ساعة تقوم بتوليدة لغرض التخزين ٠

ولقد قام معهد ابحاث الطاقة الكهربائيه (EPRI) بالولايات المتحده الأمريكية بالدراسات والأبحاث اللازمة لتصميم محطات تجريبية لخزن الطاقة باستخدام كل من الهواء المضغوط وكذلك باستخدام ضخ المياه من تحت سطح الارض بسعة طاقة تخزين تبلغ عشرين مليون كيلووات ساعة للنوع الأول وعشر ملايين كيلووات ساعة للثانى ويمكن لهذه المحطات على مدى عشر ساعات للدورة التخزينية الواحدة ان تمد الشبكة الكهربائية بقدرة تبلغ ٢٠٠٠ (الفين) ميجاوات للنوع الأول و ١٠٠٠ (ألف) ميجاوات للثانى ٠

النوع الأول : طريقة الخزن بضخ المياه : وذلك باحدى وسيلتين هما :

(أ) الضخ باستخدام خزانات مياة علوية :

وهى الطريقة التقليدية التى تستخدمها مؤسسات الطاقة الكهربائية حاليا لتخزين كميات كبيرة من الطاقة ٠ ويبين الشكل (٧ـ٥) عناصر هذه الوسيلة لتخزين الطاقة حيث تتحول الطاقة الكهربائية الرخيصة وقت الحمل الأدنى الى طاقة وضع من المحركات الكهربائية الى مضخة المياه حيث يضخ الى خزانات علوية ٠ وأثناء فترة الحمل الاقصى تتحول طاقة الوضع هذه الى طاقة كهربائية (فى الحقيقة من ٧٠ الى ٧٥٪ من الطاقة الكهربائية الاصلية كما ذكرنا سابقا) وذلك بادارة توربينات مائية تدير مولدات كهربائية لتغذية الشبكة الكهربائية بطاقة كهربائية مرتفعة القيمة اقتصاديا ٠

وجدير بالذكر هنا أن هذه الطريقة تعتبر من أفضل وسائل التخزين ان لم تكن أفضلها جميعا من وجهة النظر الاقتصادية بشرط توافر ظروف طبيعية وطبوغرافية لاقامة الخزانات العلوية ٠

(ب) محطات ضخ المياه من تحت سطح الأرض :

حيث لا تتوافر ظروف طبيعية وطبوغرافية تساعد على اقامة خزانات

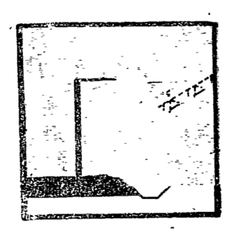
مياه علوية (أماكن مرتفعة كالجبال مثلا) ويشتمل التحطيط العام لهذه الطريقة على خزان تقليدى (أو عادى) على سطح الأرض وذلك لامداد خزان مياه سفلى محفور فى مغارة تحت سطح الارض (شكل ٧ـ٤) ٠ وتوضع المضخات تحت سطح الارض لتضخ المياه من الخزان السفلى الى العلوى وقت الحمل الأدنى حيث الطاقة رخيصة ثم فى عكس الاتجاه لاستغلال فارق المنسوب لادارة توربينات مائية لتوليد الكهرباء لتغذية الشبكة الكهربائية أثناء فترة حمل الذروة ٠ وتتوقف كمية الطاقة الممكن خزنها على كل من فارق المنسوب وحجم الخزن ٠ ومن ثم يمكن جعل فارق المنسوب كبير الاقتصاد فى حجم الحفر المطلوب ٠

النوع الثانى : طريقة تخزين الطاقة بضغط الهواء :

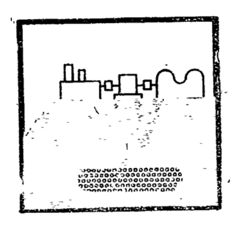
تعتبر هذه الطريقة ذات درجة عالية ـ وتلى من الناحية العملية ومن حيث الجدوى الفنية والاقتصادية ـ طرق ضخ المياه ٠ وفى هذه الطريقة المبينة بشكل (٧ـ٥) يضغ الهواء بواسطة ضواغط (كباسات) الى داخل مغارات تحفر على أعماق متوسطة داخل صخور ذات مقاومة عالية لمنع تسرب ضغط الهواء (غالبا ملحية) وذلك أثناء فترات الحمل الأدنى والطاقة الرخيصة (من مصادر نووية أو فحم أو مائية أو حتى من محطات حرارية حديثة ذات كفاءات عالية ومعدل استهلاك وقود منخفض) على أن يستخدم هذا الهواء المضغوط لادارة توربينات ومن ثم مولدات كهربائية أثناء فترة ذروة الاحمال ٠

ولقد تطورت تصميمات تكنولوجيا تخزين الطاقة بواسطة الهواء المضغوط الى التصميم المبين بالشكل (٧ـ٦) وذلك باستخدام ضواغط (كباسات) هواء وتوربينات من ذلك النوع المستخدم فى محطات توليد الكهرباء بالغاز (وما يطلق عليها المحطات الغازية وهى تستخدم فى كثير من مؤسسات الكهرباء فى العالم لتوليد الطاقة أثناء فترات ذروة الاحمال لسرعة تشغيلها وايقافها ولكنها بوجه عام ذات تكاليف تشغيل وصيانة عالية) ٠ ويتمثل هذا التطور فى استخدام توربينات ذات ضغط عال (حوالى ٧٠ ضغطا جويا) وذلك حتى يمكن استخدام أحجام صغيرة من خزانات الهواء الأرضية ٠ ويبقى الهواء داخل الخزانات تحت ضغط ثابت تقريبا بالفعل الهيدروليكى لعمود من الماء يصل بين خزان الهواء وخزان من الماء (على شكل حوض على سطح الارض) ٠ وهنالك تصميم آخر بأن يحل الهواء مكان الماء أى بعمود هوائى يصل بين الخزان وخزان هوائى آخر ذى حجم ثابت ولكن ضغطه يتغير حسب ظروف التشغيل

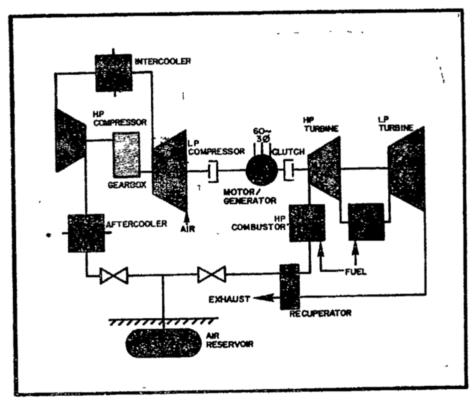
وحسب ما هو مبين بالرسم فهنالك مجموعة (فصل وتوصيـــل الحركة) وأثناء فترة الحمل الأدنى تقوم مجموعة (المولد ـ محرك) والتى تفصل حركتها عن عمود التوربين بادارة ضاغط الهـــواء ذى المرحلتين لضغطه (كبسه) الى الخزانات الأرضية ٠



شكل ٧ ـ ٤ طريقة التخزين بواسطة الضخ من خزانات تحت سطح الأرض



شكل ٧ ـ ٥ طريقة الخزن تضغط الهواء الى مغارة محفورة تحت سطح الأرض



شكل ٧ ـ ٦ دورة تخزين الطاقة باستخدام ضواغط هواء وتوربينات غازية

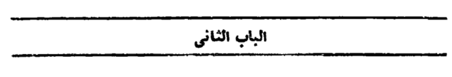
ونظرا للارتفاع الكبير فى درجة حرارة الهواء المضغوط فقد أضيفت مرحلتان للتبريد الأولى بين مرحلتى ضاغط الهواء والأخرى بعد خروج الهواء من مرحلة الضاغط الأخيرة وقبل الخزن فى المغارة الأرضية ويجدر الاشارة هنا الى ان عمليات التبريد هنا لها المزايا التالية :

١ ــ تحسين كفاءة ضغط الهواء ٠

٢ ــ تخفيض حجم الهواء المراد تخزينه ٠

٣ ــ وقاية جدران مغارة التخزين من آثار الحرارة المرتفعة ٠

وتقوم التوربينات الغازية التقليدية بضغط الهواء ــ وذلك أثناء دورانها ــ من خلال عملية الحريق حيث يضاف الوقود ويحرق ومن ثم يمد الطاقة الى التوربينه بشكل « هواء متمدد » أما فى حالة وحدات تخزين الطاقة بضغ الهواء فان هذه تأخذ الهواء والسابق ضغطة ــ من الخزانات (أو المغارات) الأرضية أى انها لا تمتص قدرة الصـــاغط (الكباس) ومن تم فان كل الطاقة الميكانيكية تقريبا (بعد طرح الفاقد الميكانيكى ذى النسبة الضئيلة) تتحول كلها الى طاقة كهربائية ٠ أما الطاقة المستخدمة لعملية خزن الهواء فتمد من مصادر توليد رخيصة (نووية أو مائية أو فحم أو ٠٠٠) ويجدر بنا أن نشير هنا الى فائدة استخدام خزان للحرارة فى هذا التصميم وذلك للاحتفاظ بالحرارة المولدة أثناء ضغط الهواء لتسريبها الى الجو بعد ذلك وما زالت هنالك أبحـاث لتطوير هذا النوع من تخزين الطاقة لتصميم دورة مركبة من التوربينات الغازية التى تستخدم الفحم المغيز (أى بعد تحويله الى غاز) مع نظم خزن الهواء بالضغط وتشير الدلائل الى انه سيكون نظاما ذا جاذبيـــة اقتصادية لاستخدامه لتوليد الطاقة الكهربائية لفترة تتراوح بين ١٠ الى ١٨ ساعة فى اليوم ٠



الباب الثانى

الطاقة النووية

● الفصل الأول

تعريف بالطاقة النووية وتطوراتها فى العالم

لمحة تاريخية عن الطاقة النووية :

كانت والى عهد قريب ـ المصادر الخام الرئيسية للطاقة هى أنواع الوقود الحفرى وبالذات الفحم والغاز والبترول وجميعها كما نعلم مصادر مستنفدة حيث أظهرت الدراسات التى أعدت منذ أكثر من ثلاثين عاما أن كلا من البترول والغاز مصادر مصيرها النضوب السريع الذى قد يتحقق على الأغلب أوائل القرن القادم ·

ومن حسن الطالع ظهر فى سماء مصادر الطاقة وفى أواخر الأربعينات من القرن الحالى مصدر جديد ألا وهو المصدر النووى ذو الامكانات الهائلة ·

وحتى عام ١٩٥٤ كانت المعلومات الرئيسية الخاصة بالطاقة النووية تعتبر من الأسرار الدولية وملكا للحكومات فقط وفى ذلك العام ١٩٥٤ وافق الكونجرس الأمريكى على اتاحة هذه المعلومات لرجال الصناعة وغيرهم لتمكينهم من تسخير الطاقة النووية لخدمة الأغراض السلمية ثم تبع ذلك مجهودات بحثية وتطويرية مكثفة قامت بها مؤسسات صناعية للطاقة الكهربائية بما فيهم صناع وموردى المعدات والهيئات الاستشارية ولجنة الطاقة الذرية الأمريكية وفى عام ١٩٥٨ قام معهد اديسون للكهرباء بتشكيل مجموعة عمل للطاقة النووية مكونة من عدد من العلماء البارزين فى هذا المجال ومن أعضاء من ذوى المستوى التكنولوجى المتقدم من رجال صناعة الطاقة وكانت مهمة هذه المجموعة هى دراسة الوسائل المختلفة التى من الممكن استخدامها لتحويل هذا المصدر الجديد من الطاقة الخام الى طاقة حرارية لانتاج الكهرباء وقامت مجموعة العمل هذه بتقديم عدد

من التوصيات ولكن لا يعلم أحد ما اذا كان أى من الأنواع المختلفة للمفاعلات التى أخذت فى الاعتبار كانت ذات جدوى اقتصادية أم لا وكان من اللازم القيام بالمزيد من الأبحاث على أكثر التطورات المطروحة قبولا ومن ثم بناء الأنواع التجريبية ٠

ولقد قامت الهيئات والمؤسسات البحثية بمجهودات وافرة لتطوير هذا المصدر الجديد للطاقة بلغ اجمالى حجمه حوالى ٥ر٢ بليون دولار امريكى حتى أنه خلال عام ١٩٦٨ وحدة أنفق القطاع الخاص لصناعة الطاقة حوالى بليون من الدولارات فى مجال أبحاث الطاقة النووية ٠

نبذة عن الموضوع العالمى لتوليد الطاقة النووية (★) :

فى عام ١٩٧٧ كان هناك ١٩ دولة تنتج الطاقة الكهربائية من الطاقة النووية وعدد الوحدات التى تعمل منها فى العالم ١٧٢ وحدة منها ٦٠ وحدة بالولايات المتحدة الأمريكية وحدها وبلغ عدد الوحدات التى فى مرحلة التخطيط أو التصميم أو الانشاء فى نفس العام ٥١٠ وحدة يخص الولايات المتحدة الأمريكية وحدها ١٦٨ وحدة ٠

ومن حيث النسبة المئوية للسعات الكهربائية للوحدات النووية نجد أن سويسرا فى المقدمة حيث تصل الى ١٨٪ من اجمالى وحدات التوليد الكهربائية (١٠٠٦ ميجاوات كهربى) وتليها ألمانيا الاتحادية بنسبة ١٥٪ (٧٣٠٠ ميجاوات كهربى) ثم السويد بنسبة ١٣٪ (٨٠٩٧ ميجاوات كهربى) وفرنسا بنسبة ١٠٪ كذلك (٣٣٢٠ ميجاوات كهربى) ثم الولايات المتحدة الأمريكية فى المرتبة السادسة بنسبة ٨٪ (٧٠٨٥ ميجاوات كهربى) ثم أسبانيا بنسبة ٥٪ (٩٧٠ ميجاوات كهربى) ثم باكستان بنسبة ٥٪ (١٢٥ ميجاوات كهربى) فالأرجنتين بنسبة ٤٪ (٣١٩ ميجاوات كهربى) فالهند بنسبة ٣٪ (٥٩٨ ميجاوات كهربى) ٠

أما بالنسبة لاجمالى سعة المحطات النووية العاملة أو فى دور التخطيط فتأتى الولايات المتحدة الامريكية فى المرتبة الأولى بوحدات يبلغ اجمالى سعتها التصميمية ٢٢٦١٨٩ ميجاوات كهربى (٢٢٨ وحدة) ثم تليها فرنسا باجمالى ٣٩٣٤٥ ميجاوات كهربى (٤٧ وحدة) ثم أسبانيا باجمالى ٣٥٨٤٥ ميجاوات كهربى (٣٨ وحدة) ثم المانيا الاتحادية باجمالى ٢٨٦٨٣ ميجاوات كهربى (٣١ وحدة) ثم ايطاليا بعد استبعاد ايران

(★) ملاحظة : هذه البيانات حسب ما توافر للمؤلف عند اعداد مسودة هذه الطبعة من الكتاب ٠ ويعد المؤلف القراء الأعزاء ببذل أقصى جهده لتحديث هذه البيانات فى الطبعة التالية ٠

والتى كان من المقرر قبل الثورة أن يبلغ اجمالى وحداتها ٢٧٢٠٠ ميجاوات كهربى - باجمالى ٢١٣٨٦ ميجاوات كهربى (٢٥ وحدة)

كيفية عمل محطات توليد الكهرباء من الطاقة النووية :

فى الحقيقة فان المحطة النووية تشبه فى كثير من مراحلها المحطات البخارية التقليدية والتى تنتج الطاقة من حرق أنواع الوقود الحفرى ولكن الاختلاف الأساسى يكمن فى :

- طريقة توليد الحرارة اللازمة لتكوين البخار ٠
- التحكم فى توليد الحرارة ٠
- وأخيرا عوامل أو اجراءات الأمان ضد الاشعاعات ٠

ففى المحطة النووية وبدلا من استخدام الفرن لحرق الوقود الحفرى - سواء كان فحما أو مازوتا أو غازا - يستخدم المفاعل والذى يشتمل أو يحتوى على قلب للوقود النووى - وتولد الطاقة داخل المفاعل بعملية تسمى « الانشطار » وفى هذه العملية عندما تصطدم نيوترونات بعض الذرات بنوايا ذرات معينة فانها تشطرها الى ما يسمى « بنواتج الانشطار » والتى تتطاير بسرعات كبيرة جدا فتولد حرارة أثناء اصطدامها بما يحيط بها من مواد فيما يسمى بالتفاعل المتسلسل ٠

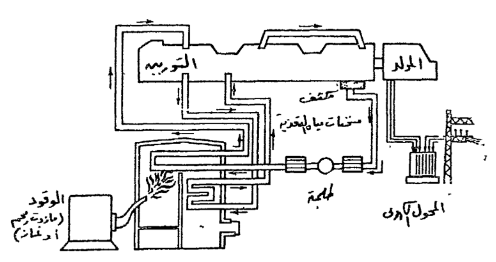
ويصحب عملية انشطار النوايا انطلاق (انبعاث) اشعاعات كهرومغناطيسية عالية الطاقة مع انطلاق لنيوترونات جديدة ٠ وهذه النيوترونات الجديدة تؤدى الى سلسلة جديدة من الاصطدامات وتوالد الحرارة ٠٠٠٠٠٠ الخ ٠

والمفاعل النووى هو أداة البدء والتحكم فى عملية الانشطار المتسلسل ويحتوى قلب المفاعل النووى على عناصر الوقود وهى عبارة عن تراكيب كيماوية من أى من عناصر اليورانيوم أو الثوريوم أو البلوتونيوم حسب نوع المفاعل وتتولد الطاقة الحرارية نتيجة الانشطار للوقود النووى ويستخدم « وسيط تبريد » لنقل هذه الحرارة من داخل قلب المفاعل حتى يمكن استغلالها لتوليد الطاقة الكهربائية ٠ فمثلا عناصر الوقود للمفاعلات التى تبرد بالماء عبارة عن أنابيب معدنية تحتوى على كريات اسطوانية من أكسيد اليورانيوم ٠

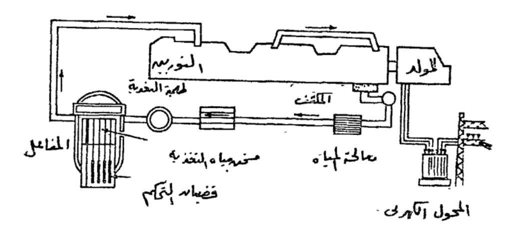
وتوجد طريقتان أساسيتان لاستخلاص الحرارة الناتجة من الانشطار هما :

- الأولى وهى طريقة مفاعل الماء المغلى (BWR)والمبينة بالشكل رقم

(١ ـ ٢) حيث تستخدم قضبان تحكم للسيطرة على التفاعل من خلال امتصاص جزء أو غالبية ان لم نقل كل ـ النيوترونات • فالحرارة الناتجة من التفاعل تستخدم لغلى الماء ومن ثم انتاج بخار يقوم بادارة التوربينة البخارية والتى يلحق بها مكثف ثم يعاد الماء ثانية الى داخل المفاعل ليتحول ثانية الى بخار وهكذا .



شكل (١ ـ ١) : رسم تخطيطى لمحطة حرارية تقليدية



شكل (١ ـ ٢) : رسم تخطيطى لمفاعل الماء المغلى

ـ والطريقة الثانية وتسمى مفاعل الماء المضغوط «PWR» والمبينة بالشكل رقم (١ ـ ٣) وهى تختلف عن الطريقة الأولى فى أن لها دائرة منفصلة للماء المضغوط الذى يذهب الى داخل المفاعل وكذا داخل مولد

البخار الذى يولد البخار اللازم لادارة التوربينة البخارية بنفس الطريقة التقليدية ·

وكل من مفاعلات الماء المغلى والماء المضغوط ستحدم بكترة فى أنحاء العالم وكثيرا ما يطلق عليها اسم مفاعلات الماء الخفيف «LWR» وذلك للتمييز بينها وبين مفاعلات الماء الثقيل والتى سيأتى ذكرها قريبا وفى مفاعلات الماء الخفيف ·

يحصل فقط على جزء بسيط من الطاقة الجافة فى وقود اليورانيوم تقدر من ٢٪ الى ٣٪ فقط وحرارة وضغط البخار الناتج ليست عالية كمثيلتها بالمحطات البخارية التقليدية ومن ثم فان هذا النوع من المفاعلات ليس له نفس كفاءة الغلايات التى تستخدم أنواع الوقود الحفرية التقليدية ·

وفى المفاعلات التى تبرد بالماء :

فان الوقود النووى والذى يشكل على هيئة كريات اسطوانية كما أسلفنا ـ توضع داخل الأنابيب أو « عناصر الوقود » وهذه « تبرشم » عند القمة والقاع وترتب على شكل « حزم » تسمى « تجميعات الوقود » Fuel Assemblies ويفصل ما بينها بواسطة وسائل فصل Spacer Devices للسماح لوسيط التبريد للانسياب (التدفق) حول كل العناصر للتخلص من الحرارة الناتجة عن الانشطار النووى وترتب تجميعات الوقود هذه بدقة لتكون قلب المفاعل النووى وهنا يجب أن ننوه الى أهمية الترتيب الهندسى لعدة أسباب منها : ـ

ـ أن الوقود النووى ـ ليس مثل الوقود التقليدى ـ دو كثافة طاقة عالية جدا وبالتالى تتولد كميات هائلة من الحرارة عن كمية بسيطة جدا من الوقود وعليه لا بد من ترتيب تجميعات الوقود بحيث تسمح بانسياب وسيط التبريد بينها لحمل الحرارة وهذا هو السبب الرئيسى لنثر الوقود بدلا من تركيزه فى مكان واحد ·

ـ من الضرورى تجنب التفاعل الكيمائى بين الوقود ووسيط التبريد وكاجراء أمان بدلا من « احتواء » المواد المشعة ولهذا فان الوقود يوضع داخل أنابيب منفصلة هى « عناصر الوقود » والمادة التى تصنع منها هذه الأنابيب أو عناصر الوقود والتى يطلق عليها أحيانا « البطانة » لابد وأن تستوفى عدة مواصفات صارمة فمثلا ·

ـ لا بد وأن يكون لها خواص جيدة لنقل الحرارة ·

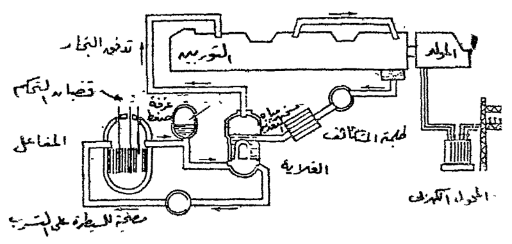
ـ لا تتفاعل كيمائيا مع أى من الوقود أو وسيط التبريد ·

ـ وأخيرا ألا تمتص النيوترونات الناتجة عن عملية الانشطار للدرجة التي معها تعطل أو تتداخل مع عملية التفاعل المتسلسل ومادة البطانة الشائعة الاستخدام هي عبارة عن « أنابيب ذات سمك رفيع من الصلب غير القابل للصدأ أو من سبيكة من عنصر الزركونيوم » ·

وفي معظم المفاعلات تستخدم مجموعة من القضبان توضع داخل قلب المفاعل لامتصاص النيوترونات بغرض تعطيل عملية الانشطار ومن ثم السيطرة على هذه العملية بحيث تسحب هذه القضبان من داخل المفاعل اذا كان المرغوب زيادة الطاقة الحرارية وعلى العكس تدخل هذه القضبان بصورة كاملة داخل المفاعل عند الرغبة في ايقافه ·

والنيوترونات ـ داخل المفاعلات تنطلق بسرعات عالية جدا وهذه السرعات العالية غير مرغوب فيها في بعض نظم المفاعلات حيث انها تقلل من كفاءة عملية الانشطار وللتقليل من هذه السرعات توضع مادة داخل المفاعلات تسمى « المهدىء » تقوم بتهدئة سرعة النيوترونات مع أقل قابلية ممكنة لامتصاصها والمواد المستخدمة لهذا الغرض هي الجرافيت أو الماء العادي الذي يستخدم كذلك كوسيط تبريد ·

وجدير بالذكر فان معظم مفاعلات الطاقة التي تعمل حاليا أو تحت الانشاء تستخدم فكرة النيوترونات البطيئة ويطلق عليها المفاعلات الحرارية وبعد اخراج عناصر الوقود نهائيا من داخل المفاعل فانها تظل تحتوي على



شكل (١ ـ ٣) : رسم تخطيطي لمفاعل الماء المضغوط

ما يتراوح ما بين ٩٧٪ الى ٩٩٪ من اليورانيوم الذى لم يستعل بعد وعليه فيمكن باجراء عملية استصلاح أو اعادة استخدام لهذه العناصر مرة أخرى ·

المفاعلات التى تبرد بالغاز :

تجرى حاليا دراسة جدوى تعميم هذا النوع من المفاعلات على المستوى التجارى وفى هذه المفاعلات تصنع عناصر الوقود أساسا من مركب من كاربيد اليورانيوم والجرافيت والذى يعمل من ناحية كمادة تقوية (دعامية) لتدعيم التركيب الهيكلى وكحصن واق لمادة الوقود ويبين الشكل رقم (١ ــ ٤) كيفية عمل هذا النوع من المفاعلات ·

ومفاعل الغاز والذى يستخدم نوعا من الغازات الخاملة مثل الهيليوم كوسيط تبريد أى أن له تركيبا يختلف عن المفاعلات التى تبرد بالماء ـ وعناصر الوقود مصنعة من الجرافيت والذى يعمل كمادة دعامية (للتقوية) وكمهدىء للنيوترونات وكذا كبطانة والوقود النووى المكون من كل من اليورانيوم والثوريوم يضغط الى منتصف أنابيب عناصر الوقود ·

وحيث ان وسيط التبريد عبارة عن غاز خامل فان الجرافيت يقوم بعمل البطانة للوقود النووى وطبيعى أن الغاز الخامل لا يتفاعل ومن ثم لا تتسبب فى تآكل الجرافيت أو أى مادة دعامية أخرى ·

ومن الناحية الفيزيائية فان حجم عناصر الوقود لهذا النوع من المفاعلات هى أكبر كثيرا من تلك المستخدمة فى المفاعلات التى تبرد بالما ولا تحزم الى تجميعات من الوقود بل ترتب على حدة وعلى مسافات تسمح بانسياب وسيط التبريد حولها والأمر يحتاج الى بضعة مئات من عناصر الوقود لتكوين قلب هذا المفاعل ·

مفاعلات الماء الثقيل ــ كاندو :

تستخدم هذه المفاعلات حاليا فى كندا وفى جهات أخرى من العالم والماء الثقيل هو عبارة عن مادة تظهر بنسب بسيطة فى داخل الماء العادى (حوالى ١ : ٧٠٠٠) وهى عبارة عن أكسيد الديتريوم والديتريوم هو عبارة عن غاز الهيدروجين ولكن تحتوى نواته على نيوترون واحد والماء الثقيل ذو كثافة أعلى بنسبة ١٠٪ عن الماء العادى ·

ويستخدم المـــاء الثقيل كمهدىء داخل المفاعـلات الكنـدية ومن ثم جاءت التسمية Canadian Deuterium Uranium — CANDU ولمعرفة كفاءة الماء الثقيل كمهدىء فينبغى لنا أن ننوه هنا الى أن العلماء المتخصصين يقيسون كفاءة أى مهدىء بمعامل يسمى « نسبة التهدئة »

ويبين الجدول (١ ـ ١) نسبة التهدئة للأنواع المختلفة من المهدئات المستخدمة فى المفاعلات النووية ٠

(شكل ١ ـ ١) نسبة التهدئة للأنواع المختلفة من المهدئات

المهدىء	نسبة التهدئة
الماء العادى	٦٠
اليورانيوم	١٥٠
الجرافيت	٢٢٠
الماء الثقيل	١٧٠٠

وهذه النسبة العالية للتهدئة هى التى جعلت فى الامكان أن يستخدم مفاعل « الكاندو » اليورانيوم العادى بدلا من اليورانيوم الغنى (المخصب) والمستخدم فى معظم المفاعلات الأخرى ٠

والتكاليف الاستثمارية لمفاعلات الماء الثقيل هى أعلى من مفاعلات الماء الخفيف ولكن التكاليف الجارية أقل بل تجب الزيادة فى التكاليف الاستثمارية مما يجعل من المفاعلات أكثر اقتصادا من مفاعلات الماء الخفيف٠

مفاعلات التوالد السريع :

يعطى هذا النوع من المفاعلات أملا كبيرا للبشرية فهو ينتج ـ أو يولد ـ وقودا نوويا أكثر مما يستهلك اذن فالوقود اللازم لهذا النوع من المفاعلات قليل التكلفة ولا يتأثر الى حد كبير ـ بالتغيرات فى السوق العالمى لخام اليورانيوم ويكفى أن تذكر هنا حقيقة واقعة يتفق عليها المتخصصون وهى « أنه بدون انتاج مفاعلات التوالد السريع فان العالم سيستنفد مصادره من اليورانيوم ربما أوائل القرن الحادى والعشرين » ٠

فهذا النوع من المفاعلات يقدر له استغلال ٨٠٪ أو أكثر من الطاقة الكامنة فى الوقود بينما الأنواع الأخرى التجارية تستغل ٢٪ أو ٣٪ فقط ويبين الشكل (١ ـ ٥) لمفاعل من هذا النوع يستخدم المعدن

السائل Laquid Metal والذى يحظى بأكبر قدر من الاهتمام داخل الولايات المتحدة الأمريكية وفي عدد آخر من الدول لانتاجه ·

ومفاعل التوالد السريع يستخدم عناصر وقود وكذا قضبان التحكم في التفاعل المتسلسل بنفس الطريقة المتبعة في الأنواع الأخرى من المفاعلات أما وسيط التبريد الابتدائي فهو عبارة عن صوديوم سائل والذى يمر خلال المفاعل ثم بعد ذلك الى مبادل حرارى حيث تنتقل الحرارة الى دائرة وسطى من الصوديوم وهذه تستكمل دائرة البخار الى المكثف الى مولد البخار كالمتبع فى المحطات البخارية التقليدية ·

طاقة الاندماج النووى ـ حلم البشرية لحل أبدى لأزمة الطاقة :

معروف علميا أنه عند اندماج ذرات لعناصر خفيفة لتكون عنصرا أثقل فان الفارق بين الكتلتين يتحول الى طاقة هائلة وفقا لمعادلة أينشتين الشهيرة لتحول المادة الى طاقة ·

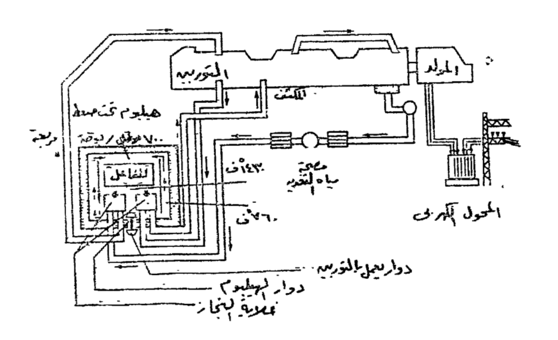
ومن الناحية النظرية فيمكن التحكم فى هذه الحرارة مع الوقت وطاقة الاندماج هى أساس فكرة القنبلة الهيدروجينية ولكن الفارق هو أنه فى القنبلة الهيدروجينية فان طاقة الاندماج الهائلة تنطلق خلال جزء من الثانية بينما فى حالة التفاعل المحكم يمكن « نشر هذه الطاقة على مدى عدد من الشهور » ·

والمشاكل التى تعترض الأبحاث الخاصة بالسيطرة على طاقة الاندماج النووى هى أعقد كثيرا من نظيرتها فى حالة الانشطار النووى ·

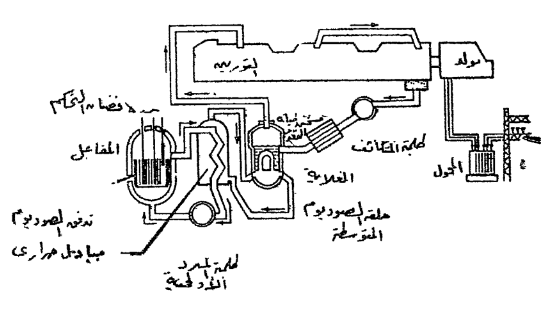
فالاندماج النووى يتم فى درجة حرارة تبلغ عدة ملايين من الدرجات المئوية وتأمل الولايات المتحدة الأمريكية فى بناء أول مفاعل اندماج تجريبى حوالى عام ١٩٩٠ على أن يتبع ذلك بناء وحدة لأغراض التعليم بقدرة ١٠٠٠ ميجاوات خلال الفترة من ١٩٩٥ الى ٢٠٠٠ وبحلول عام ٢٠١٠ ـ لو تحقق الأمل المنشود فى نجاح تطويع هـذه الطاقة الهائلة فستخطط الولايات المتحدة لتغطية ١٠٪ من احتياجاتها من الطاقة الكهربائية بواسطة طاقة الاندماج ·

ومما يبعث على التفاؤل أن العلماء المتخصصين يرون امكانية تحقيق ذلك وعلى مستوى تجارى وبما قبل بداية القرن القادم ·

واذا تحقق حلم البشرية فى ذلك فسوف يكون للأجيال القادمة معين لا ينضب من الطاقة مادتها الخام هى الماء الذى يملأ البحار والمحيطات « وجعلنا من الماء كل شىء حى » صدق الله العظيم ·



شكل (١ ـ ٤) : رسم تخطيطى لمفاعل الحرارة العالية الذى يبرد بالغاز



شكل (١ ـ ٥) : مفاعل التوالد السريع يستخدم وسيط تبريد من المعدن السائل

معلومات وأرقام لها دلالتها الاقتصادية عن الطاقة النووية :

أجريت دراسات عديدة عن مستقبل اقتصاديات توليد الكهرباء من الطاقة النووية واثبتت جميعها ومازالت تثبت كل يوم أنهـا سـتكون وستظل أكثر الوسائل اقتصادا ٠ وللتدليل على ذلك نذكر مثلا (المصدر . المرجع السريع لشركة جنرال اليكتريك عام ١٩٧٧) ٠

١ ــ بلغ اجمالى الاقتصـــاد فى تكلفة توليد الطــاقة الكهربائية بالولايات المتحدة الأمريكية أكثر من بليونى دولار أمريكى ١٩٧٥ وحدها بالمقارنة لتكلفة تشغيل المحطات بأنواع الوقود التجارى الأخرى وهو رقم دلالته بالنسبة لاقتصاديات الطاقة وبطبيعة الحال يتضاعف هذا الرقم مع الزيادة فى كل من الاستهلاك وأسعار مصادر الطاقة التجارية ٠

٢ ــ أن المحطات النووية الأمريكية استطاعت أن تقتصد فى استهلاك المازوت بما يعادل ١٨٣ و٢٣٨ مليون برميل من النفط أو ٥٥ و٤٢ مليون طن من الفحم (٣٨ر٥٠ مليون طن مترى) فى أعوام ١٩٧٤ ، ١٩٧٥ على التوالى وبطبيعة الحال ــ يتضاعف هذا الرقم بزيادة الاستهلاك ومع زيادة معدل الاعتماد على الطاقة النووية ومنذ بداية تشغيل أول مفـاعل نووى بالولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٥٧ وصل اجمالى الاقتصاد فى مصادر الطاقة التجارية الى ٦٠٠ مليون برميل من النفط أو تقريبا ١٤٠ مليون طن (حوالى ١١٧ مليون طن مترى) من الفحم ٠ أليس ذلك مساهمة كبيرة لحل مشاكل الطاقة اضافة الى المساهمة ايجابيا فى توفير النفط للصناعات البتروكيماوية وغيرها من الصناعات النفطية ٠

٣ ــ بلغ متوسط تكلفة توليد وحدة الطاقة الكهربائية (اك٠و٠س٠) فى الولايات المتحدة الامريكية عام ١٩٧٥ حوالى ١ر٢٢٧ سنت فقط أى أقل من مثيلتها من المحطات الحرارية التقليدية والتى تعمل بالمازوت بنسبة ٦٣٪ والتى تعمل بالفحم بنسبة ٣٠٪ ٠

٤ ــ أثبتت خبرة الدول النووية ومن بينها الولايات المتحدة الأمريكية أن درجة العول (الثقة) للمحطات النووية أعلى من نظيرتها التقليدية ويمكن تقييم ذلك اقتصاديا ٠

٥ ــ لبيان مدى كفاءة المحطات النووية من حيث اقتصاديات نقل وتخزين الوقود نستشهد هنا بحالة تطبيقية وهى كرية من الوقود النووى تزن ٠ر٢٩ أو نسبة (حوالى ٨ر١ جم فقط) تنتج نفس القدر من الطاقة

الحرارية التى تنتجها كمية من النفط تساوى ١ر٣ برميل أو من الفحم تساوى ١٦٠٠ رطل (حوالى ٧٢٥ كجم) وهذه الحرارة تكفى لتوليد حوالى ٢٠٠٠ ك ٠ و ٠ س ٠ تقريبا من الطاقة الكهربائية ٠

٦ ـ أجريت دراسة عن الآثار الاقتصادية التى يمكن أن تترتب على تأجيل البرامج النووية فوجد أن ذلك سوف يكلف الولايات المتحدة سنويا ٣٠٠ بليون دولار نتيجة ارتفاع الأسعار بالنسبة للبضائع أو الخدمات ذات الاستهلاك العالى من الكهرباء فمثلا لو صدر حظر على انتاج الكهرباء من الطاقة النووية فذلك يعنى ارتفاع سعر تكلفة وحدة الطاقة الكهربائية (الكيلو وات ساعة) عام ٢٠٠٠ من ٤ر٢ سنت الى ٨ر٣ سنت أى ارتفاع بنسبة حوالى ٦٠٪ (الأسعار وفقا لقيمة الدولار الأمريكى عام ١٩٧٥) ٠

٧ ـ حظر انشاء المحطات النووية يترتب عليه زيادة واردات الولايات المتحدة الأمريكية وحدها من النفط من ١٠ مليون برميل عام ١٩٩٠ الى ١٧ مليون برميل يوميا أى بزيادة ٧٠٪ وهذا رقم له دلالته دون شك من حيث التعجيل لنضوب ثروة البشرية من النفط وناهيك عن آثاره لتوجيه الصراعات الدولية حول مصادر وكذا مسالك نقل النفط ٠

٨ ـ حقيقة اقتصادية أخيرة وهى أن زيادة سعر برميل النفط بمقدار دولار واحد يعادل فى آثاره الاقتصادية ارتفاع سعر رطل اليورانيوم الخام بمقدار ٢٥ دولار ألا يعنى هذا أننا يمكن أن نقول ان الوقود النووى مادة تكاد تكون لها مناعة ضد التضخم ٠

ويبين الجدول رقم (١ ـ ٢) مقارنة سريعة بين توقعات اجمالى تكلفة انتاج وحدة الطاقة الكهربائية من محطات الفحم والمحطات النووية فى الولايات المتحدة فى السنوات القادمة ٠

جدول (١ ـ ٢) مقارنة بين اجمالى التكلفة لانتاج وحدة الطاقة من محطات الفحم والنووية بالولايات المتحدة الأمريكية من عام ١٩٨٥ حتى ٢٠١٥

نوع الوقود	توقعات اجمالى التكلفة فى الفترة ١٩٨٥ ـ ١٩٩٥	توقعات اجمالى التكلفة فى الفترة ١٩٩٥ ـ ٢٠١٥
نووى	٥ر٣ سنت/ك٠و٠س٠	٧ر٦ سنت/ك٠و٠س
فحم الوسط الغربى	٨ر٣ » »	٦ر٩ » »
فحم الناحية الشرقية	٩ر٥ » »	٩ر١٤سنت/ك٠و٠س

أى الاشعاعات أكثر خطورة ... النووية ... الطبيعية ... أم الصادرة من أجهزة فى حياتنا اليومية ومن صنع ايدينا ... ؟

الحقيقة نحن محاطون بالاشعاعات من جميع النواحى حتى ليمكن أن نقول انها أصبحت جزءا لا يتجزأ من حياتنا مثل اشعاعات الضوء والحرارة والشمس حتى أن العلماء يطلقون عليها اسم الخلفية الاشعاعية Background Radiation ويقيمونهـا بوحـدة مللى رمز ويبين الجدول (١ ـ ٣) (المصدر : المرجع السريع للقوى النووية لشركة جنرال اليكتريك ١٩٧٧) جرعات الاشعاعات التى يتعرض لها الانسان من المصادر المختلفة وكلها من صنع يديه والجدول (١ ـ ٤) يبين جرعات الاشعاعات التى يتعرض لها الانسان من الطبيعة فى حياته اليومية وفى الظروف الطبيعية .

جدول (١ ـ ٣) جرعات الاشعاعات من مصادر صنع الانسان :

مصـدر الاشـعاع	القيمة بالمللى رمز/عام عند تعرض الجسـم كاملا لها
ـ ميناء سـاعة اليد	١
ـ جهاز التليفزيون	١ ـ ٢٠
ـ التشخيص بأشعة اكس	٥٠
ـ جرعة أشعة اكس لتشخيص وعلاج الاسـنان	١٠٠٠/لكل مسلسة
ـ جرعة أشعة اكس لتشخيص وعلاج الصـدر	٥٠٠ ـــ ٥٠٠٠ لكل جرعة

جدول (١ ـ ٤) نصيب الفرد من الاشعاعات الطبيعية

مصدر الاشعاع	متوسط القيمة بالمللى رمز/عام
ـ الأشعة الكونية	٥٠
ـ من الأرض	١٥
ـ من المبـــانى	٤٥
ـ من الهـــواء	٥
ـ من المياه والطعام	٢٥
المجمــــوع	١٤٠

ولطمأنة الرأى العام بالنسبة للمخاوف من أخطار اشعاعات المحطات النووية نود أن نسوق الحقائق التالية (نفس المصدر) ٠

١ ـ ثبت أن أفراد الأطقم التى تعمل على الطـائرات العاتة التجارية يستقبلون ما بين ٣٠٠ الى ٤٠٠ مللى رمز كل عام من الأشعة الكونية هذا بالاضافة الى الاشـــعاعات الصـــادرة من الطبيعة والسالف ذكرها ٠

٢ ـ اذا قام شخص برحلة جوية ذهابا وعودة من سان فرانسيسكو (بغرب الولايات المتحدة الأمريكية) الى نيويورك (فى شرقها) فانه يكتسب ٤ مللى رمز تضاف الى متوسط نصيبه السنوى من (الخلفية الاشعاعية) ٠

٣ ـ يقدر عدد القتلى من ضحايا الرحلات الجوية بالسرطان الناتج عن زيادة جرعات الاشـــعاعات بحـوالى ٧٢٠٠ شخص ما بين أعوام ١٩٧٠ ، ٢٠٠٠ ٠

٤ ـ يقدر نصيب أى شخص يعيش فى منطقة أى محطة نووية ب ١ مللى رمز / عام فقط تضاف الى « خلفيته الاشعاعية » ٠

٥ ـ يقدر عدد القتلى من ضحايا اشعاعات المحطات النووية وبافتراض عمل ١٠٠٠ مفاعل عام ٢٠٠٠ بأنه لن يزيد عن ٩٠ شخصا فقط ٠

٦ ـ لو افترضنا أن ٣ ملايين نسمة يعيشون في دائرة نصف قطرها ٥٠ ميلا من أى مفاعل نووى فان الزيادة فى عدد قتلى السرطان تقدر بالرقم ٠٠٦ر٠ / عام مع ٠٢ر٠ / عام تشوهات فى الأجنة هذا بالمقارنة الى التوقع الطبيعى لحالات الموت بالسرطان والتى تقدر بحوالى ٧٢٠٠ حالة فى السنة وعدد التشوهات الجنينية والتى تقدر بحوالى ٤٨٠٠ حالة فى السنة ٠٠٠ واضح جدا أن لا وجه للمقارنة ٠٠٠

٧ ـ بالنسبة لشخص يعيش داخل دائرة نصف قطرها ٥٠ ميلا من أى مفاعل نووى فان نسبة احتمال موته بالسرطان فى عام ما نتيجة جرعة مقدارها ٠١ر٠ مللى رمز / عام لا تتجاوز ١ : ٥٠٠ مليون بينما فى الحالات الطبيعية فان احتمال موت شخص بالسرطان فى أى عام هى ١ : ٦٠٠ من هذا يمكن مقارنة حالة الموت بالسرطان نتيجة المعيشة بجوار أو قريبا من محطة نووية وهى كما أسلفنا احتمالها بنسبة ١ : ٠٠٠ر٠٠٠ر٥٠٠ الا يمكن تشبيهها تماما بالحالات القدرية مثل احتمال وفاته فى اعصار أو ثورة بركان أو زلزال أو فيضان ٠٠٠

التخلص من النفايات الذرية :

بشكل عام هنالك ثلاثة أنواع من النفايات المشعة والمتخلفة داخل محطات القوى النووية وهى :

١ ـ نفايات ذات نشاط اشعاعى عال وهى نواتج ثانوية تتخلف أثناء اعادة تشغيل الوقود النووى وهذه تحتوى على كمية عالية من النظائر المشعة ذات العمر الزمنى الطويل ومن ثم تحتاج الى فترة زمنية طويلة من العزل عن البيئة ٠

٢ ـ نفايات متراكمة ذات كمية لا يستهان بها من قاذفات أشعة «الفا» ولها عمر زمنى طويل « البلوتونيوم » وهذه النفايات ـ مثل السابقة ـ تحتاج الى فترة زمنية طويلة من العزل عن بيئة الحياة ٠

٣ ـ نفايات ذات نشاط اشعاعى منخفض وهى تمثل الحجم الأكبر من كمية النفايات المتخلفة ولا تحتوى على كمية يعتد بها من النظائر

المشعة ويمكن تدارك أخطارها بمجرد دفنها على أعماق مناسبة وبطريقة آمنة ٠

ومن وجهة النظر العلمية والفنية فانه يمكن السيطرة على الآثار الضارة للنفايات المشعة بشكل ايجابى وتم فعلا تطوير القاعدة الفنية اللازمة لذلك لمقابلة احتياجات السيطرة على النفايات الذرية فى المستقبل والفكرة عبارة عن تكوير النفايا ذات النشاط الاشعاعى العالى داخل أوعية زجاجية داخل كبسولات تدفن تحت الأرض على أعماق كبيرة داخل تكوينات حيولوجية على سبيل المثال داخل مهد ملحية Salt beds أو داخل قباء ملحية أو جرانيتية ٠

وعلى مدى ما يقرب من ٣٥ عاما هى خبرة الولايات المتحدة فى هذا المجال لم تسجل فيها حالة وفاة أو اصابة واحدة نتيجة استخدام هذا التكتيك فى التخلص من النفايات ٠

ولتصور مدى حجم النفايات المتخلفة نكتفى بأن نذكر هنا بعض الحقائق المتعلقة بهذا الموضوع وهى :

- بلغ حجم النفايات المتخلفة عن محطات القوى النووية بالولايات المتحدة عام ١٩٧٦ حوالى ٢٨٣ مترا مكعبا (ذات نشاط اشعاعى عال) بالمقارنة بتلك المتخلفة عن برامج التسليح النووى بها والتى بلغ اجمالها حتى نفس التاريخ ٢٠٠ر٠٠٠ متر مكعب (مائتى ألف) أى ٧٠٠ ضعف الناتج من محطات القوى النووية ٠

- بحلول عام ٢٠٠٠ ومع تعميم تكنولوجيات اعادة دورة استخدام الوقود النووى سيكون جملة حجم النفايات ذات النشاط الاشعاعى العالى من المحطات النووية قد بلغ ٩٣٤٥ مترا مكعبا بينما سيبلغ حجم المتخلف من الأسلحة النووية ٣٠٠ر٠٠٠ متر مكعب أى ٣٣ مرة حجم المتخلف من محطات القوى النووية ٠

- يقدر اجمالى كمية النفايات ذات النشاط الاشعاعى المولدة من احتياجات الفرد من الطاقة فى الولايات المتحدة الامريكية طوال حياته (بفرض ٧٠ سنة) وبفرض أن كل الطاقة مولدة بمصدر نووى حوالى نصف رطل ٠

- أما مساحة الأرض اللازمة عام ٢٠٠٠ لدفن النفايات ذات النشاط الاشعاعى العالى اللازمة لاستهلاك الولايات المتحدة من الطاقة سيكون حوالى عشرين هكتار (حوالى خمسين فدانا فقط) ٠

● الفصل الثانى

دور الطاقة النووية لحل مشكلة الطاقة فى العالم

مقدمـــة :

المقصود بالطاقة النووية بأنها الطاقة الناتجة من انشطار نوايا ذرات اليورانيوم والبلوتونيوم · وهى بدون شك ستسـهم فى امـداد البشرية بمصدر كبير من الطاقة المسترشدة ·

وهذا الاسـهام يعتمد بالاسـاس وبصـفة مطلقة على توزيع مصـادر الانسان الطبيعية الملائمة وعلى امكانياته الصناعية ·

وجدير بالذكر فان أول انشطار نووى تجريبى ومسيطر عليه هو ذلك التفاعل النووى المتسلسل الذى اجرى فى ضواحى مدينة شيكاغو عام ١٩٤٢ والذى فتح الطريق فيما بعد لتطوير استخدامات اليورانيوم ·

وفى استخدام الاسان الطاقة النووية على نطاق واسع فى الاغراض الحربية · أما فى المجالات السلمية فما زال استخدامها محدودا الى حد ما · وما زال استخدام هذه الطاقة كمصدر عملى تجارى لاحتياجاته من الطـاقة فيكاد الآن أن يكون قاصرا على انتاج الطاقة الكهربائية حيث انتجت أول مرة من محطة لاختبار المفاعلات بولاية أيداهو الامريكية عام ١٩٥١ ·

ولقد تدرجت نسبة مساهمة الطاقة النووية فى مصادر الطاقة العالمية من ٠ر٦٪ عام ١٩٦٧ الى ٢٪ عام ١٩٧٤ والى حوالى ٤٪ فى الوقت الحالى وعلى كل فمستقبلا سيكون المعدل الذى ستصبح به الطاقة النووية متيسرة ـ أو فى متناول اليد ـ سيعتمد على القرارات التى تتخذها الحكومات والتى ولابد أن تحترم السياسات واتباع الاجراءات الملائمة لتطبيقها ·

ومن المسلم به فان الطاقة النووية سوف لاتسهم فى انتاج الطاقة الكهربائية فحسب بل سوف تسهم فى قطاعات مختلفة فعلى سبيل المثال فقد ساهمت الطاقة النووية فى تدفئة المنازل والمحلات العامة فى السويد ٠ كما ساهمت فى انتاج الماء الثقيل فى كندا ٠ والمتوقع أن يتضاعف استخدامها فى تطبيقات الحرارة المنخفضة ثم سوف يتبع ذلك تطبيقات الحرارة العالية فيما بعد٠وسوف تجد الطاقة النووية تطبيقا لها فى مختلف الاستخدامات وحتى الاستخدامات التى تعتمد على « الهيدروكربونات فى الحالة المميعة » فيمكن أن تقوم الطاقة النووية بدور فعال فى هذا المجال فتستخدم اولا فى استخراج الهيدروكربونات الطبيعية وبالتالى فى تكوين هذه المركبات صناعيا من الفحم وربما من الحجر الجيرى كذلك وعلى الرغم من اهمية استخدام الطاقة النووية فى غير أغراض توليد الكهرباء ـ وحتما سيزيد هذا الاستخدام بعد عام ٢٠٢٠ ـ الا أنه يبدو أنه قبل هذا الوقت سوف لا يكون حجم الطاقة النووية لهذه الاستخدامات بالحجم الذى يقارن بتطبيقاتها فى توليد الكهرباء ٠

وفى الوقت الحالى فان المضى فى استخدام الطاقة النووية تقيده اعتبارات جماهيرية الى جانب التزام الحكومات جانب الحذر الذى تمليه التحديات الكبيرة متبلورة فى التساؤلات عن تأمين سلامة المفاعلات النووية ـ الآثار البيئية ـ مشكلة التخلص من النفايات النووية ٠ واخيرا مايتعلق بحظر انتشار الاسلحة النووية ٠

هذا ولو ان بعض المتخصصين ـ ومنهم الأستاذ « فوستر » وهو نائب رئيس اللجنة القومية الكندية لمؤتمر الطاقة العالمى ـ يرى أن نسبة الخطورة فى المحطات النووية على العاملين بها لاتتجاوز نسبة مايتعرض له الانسان أثناء سعيه اليومى ويستشهد بأنه بوضع نواتج الانشطار النووى (النفايات) داخل وعاء زجاجى ودفنها داخل تربة رملية مرطبة بالماء ومع المراقبة أمكن لها أن تمكث كذلك لمدة عشرين عاما دون حدوث ما يهدد السلامة العامة ٠ ويقول هذا الأستاذ انه طالما لا تمتد اليها يد تزحزحها من مكانها بعد دفنها على عمق كاف فلا بد أن تظل هكذا الى الأبد ٠ ويقترح هذا الأستاذ أن تعمم هذه الطريقة للتخلص من النفايات النووية ولو أن للسويديين أبحاثا فى هذا المجال سيأتى ذكرها فى الباب الثالث ٠

اما عن الآثار السامة لفضلات البلوتونيوم ـ فكما يقول نفس الاستاذ ـ فهى تعادل نفس الآثار التى يتركها خام الرصاص وأقل من الآثار السامة لمعدن الراديوم ٠

ويتساءل نفس الاستاذ « منذ متى كانت برامج الطاقة النووية طريقا تسلكه الدول لعمل تجارب الأسلحة النووية » فربما يمكن مثلا أن هذه البرامج تساعد الدول على الوصول لمرحلة تجارب ـ الانفجارات النووية ولكن لا نفترض دائما أن عدم وجود برنامج للطاقة يمكن أن يمنعها من ذلك • فالمعروف أن الاشراف الدولى فى هذا المجال فعال وله وزنه • ولكن التداخل ـ بدون حق ـ فى برامج الطاقة النووية قد يخلق وضعا عكسيا من شأنه الوقوع فى المحظور •

وكما ذكرنا فانه بجانب اسهام الطاقة النووية فى امداد العالم بالطاقة وهذا الاسهام وان كان حاليا أغلبه بشكل طاقة كهربائية فستكون هنالك دوافع لا مداد جزء من هذه الطاقة فى تطبيقات الحرارة المنخفضة والعالية • كما أن هناك مجالا يمكن الاستفادة فيه من الطاقة النووية وهو مجال صناعة الوقود الصناعى فى الحالة المميعة • ولقد أمكن لاحدى مجموعات العمل فى «جوليش» من تقدير الوفر نتيجة لاستخدام الوقود الصناعى بدلا من البترول والغاز الطبيعى عام ٢٠٢٠ بحوالى عشرة بليون طن من البترول والغاز الطبيعى اذا ما استخدمنا مفاعلات الحرارة العالية والتى تبرد بالغاز وذلك لتحويل الفحم الى « هيدروكربون فى الحالة المميعة » وهذا يستلزم استهلاك حوالى نصف هذه الكمية من الفحم مع حوالى ١/٤ مليون‌ميجا جرام من اليورانيوم • وهذا جزء بسيط من الاحتياجات المقدرة لتوليد الطاقة الكهربائية •

التنمية فى الطاقة الكهربائية :

أعدت لجنة « الاستهلاك للطاقة المنبثقة عن المؤتمر العالمى للطاقة » تقديرات بالنسبة للنمو الصناعى النووى تأسيسا على افتراضات أولية للاحتياجات من الطاقة الكهربائية • وذلك كجزء من دراسة شاملة لمصادر العالم من الطاقة حتى عام ٢٠٢٠ وعلى الرغم من أن الافتراضات الخاصة بالطلب على الطاقةالكهربائية تم اعدادها لاحدى عشر منطقة من العالم • وكما هو مبين بالجدول رقم (٢ ـ ١) فقد تم تقسيمها هنا الى ثلاثة مجموعات من البلاد •

جدول رقم (٢ ـ ١) تقدير لاحتياجات العالم من القدرة

الكهربائية مقدرة بـ 10^{18} جول

المجموعة	عام				موسط معدل النمو ٢٠٢٠
	١٩٧٢	١٩٨٥	٢٠٠٠	٢٠٢٠	
دول منظمة التعاون الاقتصادى (مناطق ١ ـ ٣)	١٤ر١	٢٤ر٦	٤٨ر٤	١٠٨ر٤	٢ر٤
دول التخطيط الاقتصادى المركزى (مناطق ٤ ـ ٥)	٤ر٧	١١ر١	٣٨ر٦	٨٣ر٧	٦ر٠
بقية الدول (مناطق ٦ ـ ١١)	١ر٦٣	٤ر١	١١ر٦	٤٥ر٦	٦ر٩
الاجمالى	٢٠ر٥	٣٩ر٨	٩٨ر٦	٢٣٧ر٧	٥ر١

تزايد معدلات تنمية القدرة النووية :

تمد القدرة النووية حاليـا حـوالى ٤٪ فقط من احتياجـات العـالم الكهربائية ومعظمها بالدول الصناعية المتقدمة ٠

ولتقدير مـا يمكن للتكنولوجيـا النووية أن تحل محل التكنولوجيا التقليدية فى انتاج الطاقة الكهربائية فيقدم لنا الأساتذة « فيشر ـ براى » نموذجا رياضيا بسيطا لوصف أحد التغيرات الصناعية وهو التغير فى معدل المفاعلات النووية فى عـام ١٩٧٥ تم اختيـاره ليتفق مع المعدل التاريخى ـ كذلك كما هو معروف ـ مع برنامج تركيب المفاعل فى كل منطقة ٠ اما بالنسبة للمدى الطويل فقد فرض ان الجزء من الطاقة الكهربائية والذى تمده الطاقة النووية يمكن أن يميل ـ فى ما لا نهاية الى ٥٠٪ فى كل المناطق ٠ وهذا الافتراض كما هو واضح لا يمكن الدفاع عنه على أساس دولة ـ دولة ٠ وهو كمتوسط ينطبق على عدة بلاد ٠ وعليه فاننا نتحفظ ازاء هذا الفرض حيث ان نسبة لا يستهان بها من التنمية فى الدول غير النووية ستكون ملزمة للحفاظ على نصيب الخمسين فى المائة من انتاج الطاقة الكهربائية فى عام ٢٠٢٠ ويبين الجدول (٢ ـ ٢) ملخص النتائج التى تم الحصول عليها بدراسة هذا النموذج الرياضى ٠

جدول (٢ ـ ٣) المحطات النووية المخطط لانشائها مقدرة بالميجاوات

المجموعـــة / عام	١٩٧٥	١٩٨٥	٢٠٠٠	٢٠٢٠
ـ دول التعاون الاقتصادى (مناطق ١ ← ٣)	٦٨	٢٤٧	٩٥٥	٢٤٢٣
ـ دول التخطيط الاقتصادى المركزى (مناطق ٤ ← ٥)	٧	٣٣	٤٠٢	١٦١٠
ـ بقية الدول (مناطق ٦ ← ١١)	١	٢٣	١٨٦	١٠٠٠
الاجمالـــى	٧٦	٣٠٣	١٥٤٣	٥٠٣٣

ويلاحظ انه فى المدى القريب ـ أى قبل عام ٢٠٠٠ ـ نرى ان هذه التقديرات تقع قريبة من الحد الأدنى من التقديرات التى سبق تقديمها فى مؤتمر سالزبورج من ٢ الى ١٣ مايو ١٩٧٧ ٠ أما فيما بعد عام ٢٠٠٠ فهذه التقديرات تقع فيما بين أعلى وأقل قيم تم التنبوء بها حديثا ٠

نبذة عن المحطات النووية :

اليورانيوم هو المادة الأساسية فى الصناعة النووية اضـافة الى الثوريوم والبلوتونيوم والاشكال التى يوجد فيها اليورانيوم فى الطبيعة هى التى تحدد أنواع المفاعلات المستخدمة حاليا وكذلك المتوقع تطويرها واستخدامها فى المستقبل ٠

ويوجد اليورانيوم فى الطبيعة على ثلاثة أشكال هى :

ـ يورانيوم ٢٣٨ والذى يشكل ٩٩٫٣٪ من اليورانيوم الطبيعى ٠

ـ يورانيوم ٢٣٥ ويوجد بنسبة ٠٫٧٪

ـ يورانيوم ٢٣٤ ويوجد بنسبة ٠٫٠٠٥ ٪

ويورانيوم ٢٣٥ هو المادة الطبيعية الوحيدة القابلة للانشطار ولذلك فهو ضرورى لانتاج الطاقة النووية . ومع ذلك فان خام اليورانيوم يصنع لزيادة تركيزه الى ٢ر٥٪ أو ٥٪ يورانيوم ٢٣٥ قبل استعماله فى المفاعلات النووية ويطلق عليه الغنى Enriched uranium أما اليورانيوم ٢٣٨ فهو غير قابل للانشطار طبيعيا ولكن يعتبر مادة خصبة وذلك لأنه يتحول الى بلوتونيوم ٢٣٩ القابل للانشطار عند قذفه بسيل من النيوترونات وهناك تصميمات عديدة للمفاعلات النووية لكل منها خواص عمل متميزة اعتبارات اقتصادية ـ نوعية وقود .... الخ .

وفيما يلى سنعرض موجزا لأربعة أنواع من المفاعلات النووية لانتاج الحرارة وكذلك الطاقة الكهربائية التى تعمل حاليا ـ أو من المتوقع أن تعمل على المستوى التجارى خلال السنوات القادمة من حيث أنواع اليورانيوم المستخدم .

أولا : مفاعل الماء الخفيف :

وهو على نوعين هما الماء المضغوط ومفاعل الماء المغلى وكلاهما يستخدم خام اليورانيوم الطبيعى الذى يجرى تصنيعه وتركيزه من ٧ر٠٪ الى ٣٪ يورانيوم ٢٣٥ .

ثانيا : مفاعل الماء الثقيل :

ويستخدم اليورانيوم الطبيعى كوقود والماء الثقيل ولا يجرى فيها تصنيع وتركيز اليورانيوم . كما أنها لا تترك فضلات (نفايا) من اليورانيوم ٢٣٥ .

وكلا من مفاعلات الماء الخفيف والماء الثقيل هى مفاعلات حرارية لانها تعمل بالطاقات الحرارية للنيوترون . وتتولد الحرارة من انطلاق الطاقة خلال الانشطار النووى ـ ثم تؤخذ الحرارة بواسطة نقل بارد لانتاج البخار .

ثالثا : مفاعل التوالد السريع :

ويسمى بذلك لأنه يعمل بالنيوترونات السريعة . ويولد وقودا أكثر مما يستهلك وفى نفس الوقت يعمل كمحطة لتوليد البخار . كما أنه يوفر طريقة عملية لاستغلال اليورانيوم الطبيعى غير القابل للانشطار

(يورانيوم ٢٣٨) الذى تبلغ نسبة وجوده ٩٩٪ وأن هذا المولد يحول اليورانيوم ٢٣٨ ــ بامتصاص النيوترونات ــ الى بلوتونيوم ٢٣٩ ٠

رابعا : مفاعل الحرارة العالية :

لا يزال هذا النوع من المفاعلات قيد التطوير رغم انشاء عدد قليل منه ٠ وفى حالة نجاحه تجاريا فالمتوقع أن يولد حرارة بدرجة عالية تناسب صناعات خاصة مثل تحويل الفحم الى الغاز (التغييز) أو انتاج غاز الهيدروجين ٠

وفى الوقت الحاضر فان محطة طاقة نووية سعتها تتراوح ما بين ٨٠٠ الى ١٣٠٠ ميجاوات تستغرق فى المتوسط ٣٧ شهرا للتصميم و٦٣ شهرا للانشاء والتركيب قبل وضع الوقود النووى بها اما تكلفة محطة نووية واحدة بسعة ١٠٠٠ ميجاوات فربما تتكلف أكثر من حوالى بليون ونصف بليون دولار أمريكى (عام ١٩٨٢) ٠

السيناريوهات النووية :

بعد ارتفاع أسعار البترول فى العالم ومع التقدم العلمى صارت الطاقة النووية فى وضع يتنافس اقتصاديا مع محطات الوقود التقليدية ففى عام ١٩٧٥ كان مجمل قدرات المحطات النووية التى يتم انشاؤها فى العالم هى ٧٦ جيجاوات ٠ منها ٨٠٪ ذات مفاعلات من نوع الماء الخفيف ، ١٢٪ منها تستخدم الجرافيت كمهدىء وتبرد بالغاز ــ ٤٪ منها تستخدم ــ مفاعلات الماء الثقيل وجميعها تعمل على أساس دورة اليورانيوم الواحدة حيث يكون اليورانيوم ٢٣٥ هو النظير الرئيسى لعملية الانشطار أما ال ٤٪ الباقية فهى من وحدات من المفاعلات سريعة التوليد والتى تبرد بالمعدن السائل (LMFBR) وكذلك بمفاعلات الحرارة العالية والتى تبرد بالغاز (HTGR) والواضح فان القدرة النووية ستنمو بمختلف الوسائل وفى مختلف البلاد ولكن أغلب هذا النمو كما هو واضح بالجدول (٢) سيأتى من وسائل تكنولوجية معروفة من قبل وسنقدم فيما يلى خمسة سيناريوهات كمحاولة لتغطية مدى واسع من امكانيات التنمية النووية وهى :

سيناريو ١

معتمد على عدم اعادة تشغيل الوقود النووى وفى هذه الحالة تركب مفاعلات للتحويل الحرارى (TCR) فى جميع المناطق ومع استخدام مفاعل

الماء الخفيف لعملية التحويل حيث ان هذا النوع من المفاعلات هو النوع السائد تجاريا اليوم ٠

سيناريو ٢

التوالد السريع ـ ولكن بتخلف زمنى قدره عشرة سنوات فى كل منطقة عن الحالة ٣ المذكورة أدناه ٠

سيناريو ٣

وهى الحالة الأساسية وتعتمد على تركيب مفاعلات التوالد السريع تجارية مع مضاعفة زمن الوقود وهو ٢٤ عاما ـ عند معامل حمل ١٠٠٪ فى عام ١٩٩٣ فى أمريكا الشمالية وفى عام ١٩٩٥ فى الاتحاد السوفيتى وفى عام ١٩٩٧ فى أوروبا الغربية ثم عام ٢٠٠٠ فى اليابان ٠

سيناريو ٤

وهو نفس سيناريو ٣ مع افتراض تحسن فى تصميم المفـاعلات سريعة التوالد بحيث يصبح زمن تضاعف الوقود عشرة سنوات (عند معامل حمل ١٠٠٪) ٠

سيناريو ٥

وهو سيناريو دورة الثوريوم ويسـتخدم فيه الثوريوم بدلا من سيناريو المفاعلات سريعة التوالد أما نظام التوقيت فهو تماما مثل سيناريو ٣ مع استخدام متغيرات دورة وقود مفاعل الماء الثقيل أما باقى النظام النووى فهو يتركب من نفس نظام مفاعل الماء الخفيف ٠

● الفصل الثالث

الوقود النووى

كما ذكرنا من قبل فان طاقة هائلة تنتج من تحطيم - أو انشطار - نواة الذرة هى الطاقة النووية ٠

ولعل المادة الطبيعية الوحيدة الملائمة مباشرة للانشطار النووى هى « نظير اليورانيوم » أو « اليورانيوم ٢٣٥ » وهذا الأخير كما سبق أن ذكرنا فى الباب السابق يوجد بنسبة ٧ر٠٪ فى اليورانيوم ٢٣٨ ٠

ولكن ما هو اليورانيوم ؟

هو فلز - فى حالته النقية - له بريق فضى ولكنه يتأكسد بسرعة بفعل الهواء والرطوبة ليصبح مغطى بطبقة سوداء من الأكسيد ٠ وهو من أثقل الفلزات (يبلغ ١٫٦٥ مرة كثافة الرصاص) ٠

واليورانيوم ٢٣٨ ليس قابلا للانشطار بنفس الطريقة التى ينشطر بها يورانيوم ٢٣٥ ٠ ومع ذلك فيمكن لليورانيوم ٢٣٨ أن يتحول فى مفاعل نووى الى مادة مفيدة قابلة للانشطار هى « نظير البلوتونيوم » أو بلوتونيوم ٢٣٩ ٠ والبلوتونيوم ليس عنصرا طبيعيا ولكنه واحد من سلسلة من العناصر التى صنعها الانسان أثناء جهوده لاستكشاف مصادر وقود نووى جديد ٠

والثوريوم هو المصدر الآخر الوحيد الذى يوجد طبيعيا كمصدر ذى شأن للوقود النووى ٠ وهو فلز ثقيل ذو نشاط اشعاعى ٠ والثوريوم غير قابل للانشطار مثل يورانيوم ٢٣٥ ولكن فقط يمكن تحويله داخل مفاعل نووى الى نظير هو « يورانيوم ٢٣٣ » والذى يوجد فى الطبيعية ٠

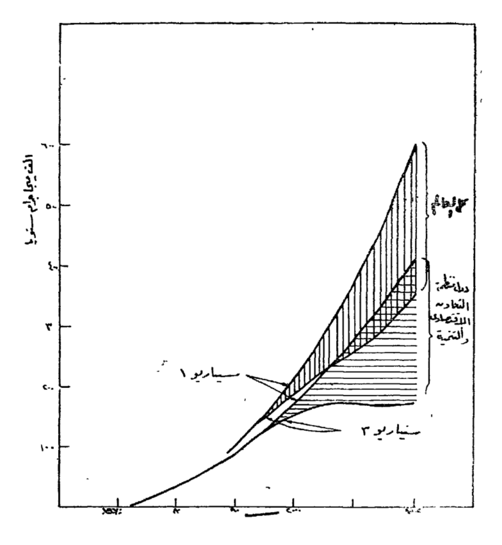
والحاجة الى الثوريوم تعتبر غير ملحة قياسا الى حاجة العالم الى اليورانيوم وهو المصدر الطبيعى الوحيد الذى يعول عليه لانتاج ما تحتاجه من الطاقة النووية ٠

الطلب على اليورانيوم :

تبين الجداول رقم (٣ ـ ١) ٠ رقم (٣ ـ ٢) والشكل (٣ ـ ١) المتطلبات من اليورانيوم على كل من المدى المتوسط (حتى عام ٢٠٠٠ ، والمدى الطويل (حتى عام ٢٠٢٠) لكل سيناريو ٠ وقد تمضى فترة قصيرة (ربما حتى عام ١٩٨٧ مثلا) فقط وبعدها سيصل الطلب السنوى على اليورانيوم ـ فى دول التعاون الاقتصادى والتنمية الى درجة التشبع وذلك اذا طبقت سيناريو مفاعلات التوالد السريع التجارية وفقا للسيناريو الثالث ٠

أما التطور باستخدام سيناريو دورات الوقود المتقدمة مثل دورة الثوريوم والمفاعلات سريعة التوالد ـ فيوصى بها وبدرجة حثيثة ـ فى الدول النامية مثل الهند على سبيل المثال ٠ وعلى كل فكان المفروض أن تنفيذ المخطط باستخدام المفاعلات سريعة التفاعل سيحدث أولا ـ والى حد كبير ـ فى الدول المتقدمة صناعيا مع اعتماد غالبية الدول النامية على تكنولوجيا التحويل ذات الأقدام الراسخة ٠

وعليه ففى السيناريو الثالث فمتطلبات الدول النامية العاجلة من اليورانيوم تقلل من رد فعل ادخال مفاعلات التوالد السريعة على المتطلبات العالمية والتى تستمر فى الزيادة على الرغم من أن الزيادة بمعدل منخفض ٠



(شكل ٣ ـ ١) : تأثير انتاج مفاعلات التوالد السريع على الطلب السنوى العالمى لليورانيوم

جدول رقم (٣ ـ ١) تقديرات الطلب العالمي السنوى على اليورانيوم بالمائة الف طن

سيناريو التنمية	دول منظمة التعاون الاقتصادى (مناطق ١ ـ ٣)		دول التخطيط الاقتصادى المركزى (مناطق ٤ ـ ٥)		باقى الدول مناطق (٦ ـ ١١)	
	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠
ـ سيناريو ١	١ر٨	٢ر٤	٠ر٨	٢ر٨	٠ر٤	١ر٨
ـ سيناريو ٢	١ر٧	٢ر٥	٠ر٧	٢ر٠	٠ر٤	١ر٨
ـ سيناريو ٣	١ر٥	١ر٧	٠ر٧	١ر٧	٠ر٤	١ر٨
ـ سيناريو ٤	١ر٤	٠ر٨	٠ر٧	٠ر٩	٠ر٤	١ر٨
ـ سيناريو ٥	١ر٥	٢ر٦	٠ر٨	٣ر١	ـ	ـ

جدول (٣ ـ ٢) : تقديرات أجمالى الطلب العالمى على اليورانيوم من ١٩٧٥

الى ٢٠٢٠ بالمائة الف طن (تراكمى)

سيناريو التنمية	دول منظمة التعاون الاقتصادى (مناطق ١ ـ ٣)		دول التخطيط الاقتصادى المركزى (مناطق ٤ ـ ٥)		باقى الدول (مناطق ٦ ـ ١١)	
	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠
ـ سيناريو ١	٢ر٠	٧ر٨	٦ر٠	٣ر٩	٥ر٠	٢ر٢
ـ سيناريو ٢	٢ر٠	٦ر٦	٦ر٠	٣ر٦	٥ر٠	٢ر٢
ـ سيناريو ٣	٢ر٠	٥ر٣	٦ر٠	٢ر٨	٥ر٠	٢ر٢
ـ سيناريو ٤	٢ر٠	٤ر٦	٦ر٠	٢ر٣	٥ر٠	٢ر٢
ـ سيناريو ٥	٢ر٠	٥ر٨٥	٦ر٠	٣ر٢	—	—

ويبين الجدول (٣ ـ ٣) الكميات المطلوبة من اليورانيوم لتشغيل جميع المحطـــات النووية المنشـــأه طوال بقيـــة الثلاثين عاما من عمرها الافتراضى ٠

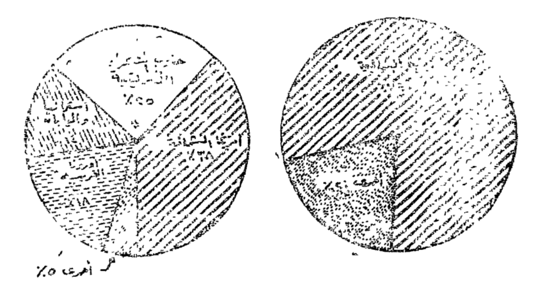
أما متطلبات الثوريوم ـ وفقا للسيناريو الخامس ـ فهى أقل كثيرا من متطلبات اليورانيوم وتزداد هذه المتطلبات لتبلغ اثنى عشر ألف (١٢٠٠٠) ميجا جرام سنويا عام ٢٠٢٠ ٠

أما متطلبات اليورانيوم لدورة التوريوم فهى تقريبا تقع فى منطقة ما بين متطلبات السيناريو الأول والثالث ٠

جدول (٣ ـ ٣) : تقديرات اجمالى كميات اليورانيوم لتشغيل المحطات طوال ٣٠ عاما بالمائة الف طن

سيناريو التنمية النووى	منظمـــة دول التعاون الاقتصادى (مناطق ١ ـ ٣)	دول التخطيـــط الاقتصادى المركز (مناطق ٤ ـ ٥)	باقى الـدول (مناطق ٦ ـ ١١)
ـ سيناريو ١	١٣	٧ر٧	٨ر٤
ـ سيناريو ٢	٩	٦ر٦	٨ر٤
ـ سيناريو ٣	٧	٧ر٤	٨ر٤
ـ سيناريو ٤	٣ر٥	٢ر٣	٨ر٤
ـ سيناريو ٥	٩	٨ر٥	ـ

(شكل ٣ ـ ٢) : تقدير لمصادر العالم من اليورانيوم الممكن استخراجه
بتكلفة ١٣٠ دولار/كجم بأسعار يناير سنة ١٩٧٧



تقدير للمصادر الاضافية طن يورانيوم	المنطقـــة	مصادر مؤكدة بدرجة معقولة طن يورانيوم
١ر٧٠٩ر٠٠٠	١ ـ أمريكا الشمالية	٨٢٥ر٠٠٠
٩٥ر٤٠٠	٢ ـ أوروبا الغربية	٣٨٩ر٣٠٠
٤٩ر٠٠٠	٣ ـ استراليا ـ نيوزيلندا ـ اليابان	٣٠٣ر٧٠٠
٦٦ر٢٠٠	٧ ـ أمريكا اللاتينية	٦٤ر٨٠٠
٦٩ر٦٠٠	٨ ـ الشرق الأوسط وشمال أفريقيا	٣٢ر١٠٠
١٦٢ر٩٠٠	٩ ـ جنوب الصحراء الأفريقية	٥٤٤ر٠٠٠
٤٠٠	١٠ـ شرق آسيا	٣ر٠٠٠
٢٣ر٧٠٠	١١ـ جنوب آسيا	٢٩ر٨٠٠
٢ر١٧٦ر٢٠٠	الاجمالى العالمى	٢ر١٩١ر٧٠٠

تقديرات مصادر اليورانيـــوم :

ان قصة صناعة اليورانيوم تعتبر ذات تاريخ قريب اذا ما قورنت بصناعات الفحم والهيدروكربونات • فعمرها لا يتجاوز تقريبـا الثلاثين عاما فنشأة هذه الصناعة بدأت فى الخمسينات من هذا القرن • وكان ذلك استجابة لاغراض دفاعية ثم تلا ذلك هبوط حاد فى معدل تطورها اذ عانت هذه الصناعة – ولعدة أعـوام – من التراخى – ولربما كان ذلك لزيادة المخزون منه وبالتالى العرض عن الطلب • واستمر هـذا الركود حتى الحظر العربى على البترول عامى ١٩٧٣ ، ١٩٧٤ ولم تكن حتى هذا الوقت قد اكتسبت هذه الصناعة قوة دفع ذاتيـة كتلك التى اكتسبتهـــا فى الخمسينات •

هذه القصة الموجزة تبين لنا مسئولية تعفن الدعائم الحالية لهـــذه الصناعة ليس فحسب بل كذلك باعتبارها أحـد العوامـــل الرئيسية المسئولة عن المعلومات الحالية والمحددة عن المصادر العالمية لليورانيوم •

وهنالك عدة عوامل اضافية تعرقل الجهود الحالية لعمل تقديرات لمصادر اليورانيوم • وهذه العوامل تتراوح ما بين مشاكل أساسية خاصة بتصنيف المصادر الى تقص فى المعلومات البسيطة والوسائل المقبولة والتى يمكن بها الوصول الى هذه التقديرات •

والبرنامج الأكثر شمولا لتقدير الموقف العالمى لمصـــادر اليورانيوم على أساس منتظم هو ما تقوم به وكالة الطاقة النووية NEA لدول التعـاون الاقتصـادى والتنمية بالاشـــتراك مع الوكالة الدولية للطـاقة الذرية IAEA

ويبين الشكل (٣ – ٢) التقديرات الحالية لمصـــادر اليورانيوم الممكن استخراجه فى العالم – ولحد كبير – وذلك بعد استبعاد المناطق ٤ ، ٥ وضم يوغوسلافيا للمنطقة ٢ واعادة توزيع الأوبك (المنطقة ٦) جغرافيـا •

ولقد قسمت المصادر الى فصيلتين وفقا لدرجة الاعالة عليها والتى تحددها درجة التـــأكد من التواجد ثم قسمت التقديرات « بالطن » على المنعقد فى امكان استخراجه بحد أعلى للتكاليف تبلغ ١٣٠ دولار للكيلو جرام من أكسيد اليورانيوم (بأسعار عام ١٩٧٦) ولم تبذل محـــاولات حتى الآن – على قـدر معلومات الكـاتب – للتحديد الكمى للاحتياطيات

العالمية والتى يتكلف فيها الكيلو جرام من أكسيد اليورانيوم لاستخراجه أكثر من ١٣٠ دولارا (بأسعار عـام ١٩٧٦) حيث ان هـذه التقديرات متواجدة فقط لبعض الحالات الانفرادية ٠

وحتى التقديرات الخاصة بالفصائل الاضافية للمصادر فهى تشير فقط الى تلك المتوقعة فى المناطق المعروفة نسبيا ٠

وأكثر من ٦٠٪ من المصادر المؤكدة بدرجة معقولة تقع فى أمريكا الشمالية وجنوب الصحراء الافريقية وبنسبة كبيرة فى الرواسب التى على هيئـة أحجار رملية والحصو الكروى التشكل من الكوارتز وفى عروق الصخور ٠

وقد يكون مناسبا هنا أن نذكر أن حوالى ٧٧٪ من جميع المصادر فى أوروبا الغربية تتواجد فى قواقع حجر الشب بالسويد والمتوقع أن يكون استغلالها مستقبلا محدودا ٠

أما بقية المصادر ـ ومعظمها فى استراليا فهى متواجدة فى عروق الصخور ويوجد حوالى ٧٩٪ من الاجمالى العالمى لتقديرات المصـــادر الاضافية والتى يقدر الكيلوجرام من اليورانيوم فيها بحد أقصى ١٣٠ دولار (أسعار ١٩٧٦) فتوجد فى أمريكا الشمالية منها أكثر من النصف قليلا فى الولايات المتحدة الأمريكية ٠

ومن الأهمية بمكان أن نلاحظ أن أكثر من ٧٠٪ من المصادر يعتقد أنها ـ فى كل من الفصيلتين المذكورتين ـ يمكن استخراجها بسعر يقل عن ٧٨ دولار للكيلو جرام من اليورانيوم (أى ٣٠ دولار للرطل من أكسيد اليورانيوم بأسعار عام ١٩٧٦) وبالتالى فيمكن اعتبارهـا اقتصـادية بينما أن عدم تساوى توزيع المصادر بين فصيلتى التكاليف يرجع جزئيا الى الطبيعة الجغرافية للمصادر المعروفة فيمكن ايعازها جزئيا كذلك الى نقص البيانات المتوافرة عن المصادر الخاصة بفصيلة التكلفة العالية ٠

ملاحـــظة :

الكميات الموجودة فى المصادر يعبر عنها بالطن المترى أى الطن من معدن اليورانيوم وهو يساوى ١٫٢٩٩٩ طن قصير من أكسيد اليورانيوم أما الوحدة المستخدمة عالميا فى تجارة اليورانيوم فهى الرطل من أكسيد اليورانيوم وعليه فان الوحدة « ١ دولار لكل رطل » من أكسيد اليورانيوم تعادل ٢٫٦ دولار لكل كيلو جرام من اليورانيوم ٠

امكانات الحصول على اليورانيوم :

لكى نضع هذه التقديرات الخاصة بالمصادر المعروفة لليورانيوم فى قالب مناسب فيجب ان نتزود بفكرة عامة عن مستويات الانتاج التى يمكن التعويل عليها فمثلا صناعة اليورانيوم العالمية انتجت عام ١٩٧٦ حوالى ٤٧٫٠٠٠ طن من اليورانيوم و٦٨٪ منها تأتى من أمريكا الشمالية أما مجمل الانتاج المتبقى فيأتى من ثلاثة دول أفريقية جنوب الصحراء · وكما هو مبين بالشكل (٣ ــ ٣) والانتاج ــ عام ١٩٧٧ ــ هو حوالى ٢٣٫٠٠٠ طن يورانيوم سنويا هذا بالمقارنة الى انتاج الذروة والذى بلغ عام ١٩٥٩ ما قيمته ٣٤٫٠٠٠ طن يورانيوم وتقدر السعة الانتاجية ــ عام ١٩٧٧ ــ بحوالى ٣٣٫٣٠٠ طن من اليورانيوم سنويا موزعة ــ لحد كبير ــ بين كل من أمريكا الشمالية وجنوب الصحراء الأفريقية · ومع ذلك فهنالك تسهيلات انتاجيــة آخذة فى التوسع كمــا يجرى تخطيط واعداد حقول انتاجية أخرى المقرر لها فى حالة استكمالها ــ أن تصل بالانتاج العالمى من اليورانيوم الى حوالى ٥٥٫١٠٠ طن سنويا ·

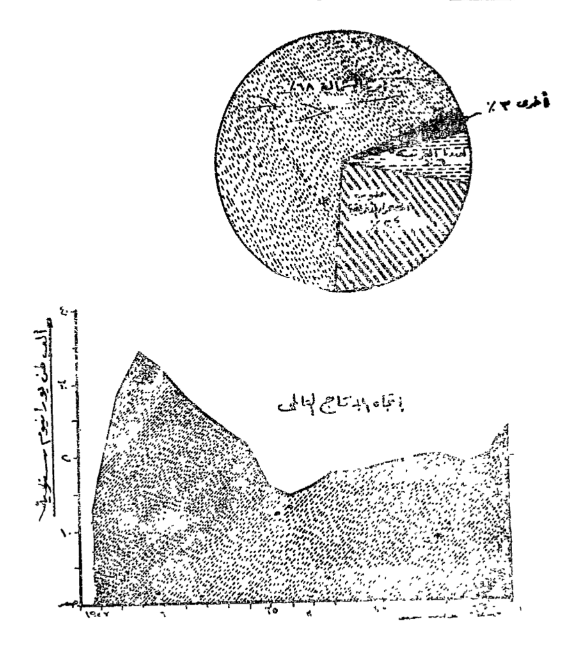
والمعتقد أن المصادر المعروفة ستكون قادرة على تدعيم أقصى مستوى للانتاج والذى سيقترب من ١١٠٫٠٠٠ طن سنويا عام ١٩٩٠ ·

وكما هو مبين بالجدول رقم (٣ ــ ٤) ·

جدول (٣ ــ ٤) تقديرات سعة الانتاج العالمى من اليورانيوم بالطن سنويا حتى ١٩٩٠ ·

	١٩٧٧	١٩٨٠	١٩٨٥	١٩٩٠
١ ــ أمريكا الشمالية	٢٠٨٠٠	٢١٥٥٠	٤٨٥٠٠	٥٨٢٥٠
٢ ــ أوربا الغربية	٢٥٦٠	٣٨٥٠	٥٩٤٠	٦٧٠٠
٣ ــ استراليا واليابان	٤٣٠	٥٣٠	١١٠٣٠	٢٠٠٣٠
٧ ــ أمريكا اللاتينية	٢٣٠	١٠٧٠	١٩٩٠	٦٠٠
٨ ــ الشرق الأوسط وشمال أفريقيا	ــ	١٠٠	١٠٠	١٠٠
٩ ــ جنوب الصحراء الأفريقية	٩٣١٠	١٨٠٠٠	٢٣٧٠٠	٢٣٢٠٠
١٠ ــ شرق آسيا	ــ	٣٠	ــ	ــ
١١ ــ جنوب آسيا	ــ	ــ	ــ	ــ
الاجمالى العالمى	٣٣٣٣٠	٥٥١٣٠	٩١٢٦٠	١٠٨٨٨٠

(شكل ٣-٣): الإنتاج العالمي لليورانيوم حتى عام ١٩٧٦



وهذا المستوى من الانتاج غير محتمل تجاوزه كثيرا دون تحديد مصادر جديدة للانتاج ·

وهذه التقديرات للسعة الانتاجية المبينة بالجدول (٣ ـ ٤) هى عرضة لعدد من القيود فمنها قيود طبيعية تحدد معدل امكانية استغلال أحد الرواسب المعدنية أو هبوط مستوى أو استنفاد مصـدر كل هذه القيود لا بد من ادخالها فى الاعتبارات المستقبلية وهناك قيود أخرى ـ تم أخذها فى بعض الحالات القليلة حيث معدلات الانتاج لبعض الدول غير المصدرة لليورانيوم وهى القيود التى تضعها حكوماتها وحيث يكون هناك القيود صريحة جدا فى عمليات الاستخراج مثلما فى السويد ·

وهناك عدة أنواع أخرى من القيود والتى هى أكثر مراوغة وليس من السهل تحديدها والتى ربمـا تكون ذات أثر سلبى على مستقبل اليورانيوم ·

والافتراضات القائمة بالنسبة لتوقيت اسـتغلال اليورانيوم فى استراليا (وجميع مشروعات استخراج اليورانيوم فى استراليا معلقة حاليا وحسب معلومات الكاتب ـ حسب سياسة الحكومة هناك والتى ستأخذ فى اعتبارها المتطلبات البيئية منه) على سبيل المثال يمكن أن تثبت تفاؤلها أما بالنسبة لتوافر القوى البشرية والمعدات فقد تكون غير ملائمة وقد يترتب على ذلك زيادة فى التأخير بسبب التعقيدات فى الحصول على المتطلبات الروتينية ·

وقد تكون عقود البيع التى تبرم مسبقا لبيع الكميات الأساسية مراوغة وتحتوى على بنود للتحايل ·

كما أن التمويل المناسب قد لا يكون جاهزا والتوقعات المستقبلية المبينه بالجدول رقم (٣ ـ ٣) لا يجب النظر اليها على أنها أقصى مستويات للانتاج يمكن أن تصل اليها المصادر المعروفة ·

المصادر غير التقليدية لليورانيوم :

المصادر الأساسية لليورانيوم فى العـالم هى المصـادر « قليلة التكاليف » أى التى يمكن استخراج اليورانيوم منها بسعر لا يزيد عن ٧٨ دولار للكيلو جرام (بأسعار ١٩٧٦) وهذا يقابل كما ذكرنا سابقا ـ ٣٠ دولار للرطل من اكسيد اليورانيوم ـ حيث ان هـذه المصادر هى المستهدفة فى الوقت الحالى للاستغلال ·

أما المصادر التى يتكلف استغلالها فيما بين ١٣٠ دولار و ٢٦٠ دولار للكيلو جرام من اليورانيوم بأسعار عام ١٩٧٦ (أى من ٥٠ دولار الى ١٠٠ دولار للرطل من آكسيد اليورانيوم) فقد حارت بعض الاهتمام لأسباب بعضها آكاديمية والبعض الآخر لأنها تمثل البدائل المتاحة فى الوقت الحالى فى حالة فشل استغلال المصادر التقليدية ٠

اضافة الى هذه المصادر باهظة التكلفة فهنالك أنواع أخرى متعددة من العمليات التى يمكن بها استخراج اليورانيوم كناتج ثانوى بعضها بدأ حديثا فى امداد كميـــات محدودة ولكنها معقولة لحـد ما لصـــناعة اليورانيوم ٠ وعلى سبيل المثال فيمكن استخراج اليورانيوم فى : ـ

ـ عملية انتاج حامض الفسفوريك وذلك من محاليل تولد داخل الرماد المتبقى من بعض خامات النحاس ٠

ـ من المونازايت Monazite الناتج من الصناعات التعدينية الثقيلة لرمال الشواطىء ٠

ـ كناتج مشترك مع عدة عناصر أخرى فى « قواقع حجر الشب » بالسويد ٠

ـ كذلك أجريت الأبحاث والتحاليل اللازمة لامكانيـة استخراج اليورانيوم كناتج أساسى من الصخور الفسفورية وصـخور الجرانيت والفحم والليجنايت وكذلك مياه البحر ٠

ووجد أنه على الرغم من هذه المصادر غير التقليدية ضخمة جدا من حيث الحجم الا أن مساهمتهـا فى امداد اليورانيوم فى معظـم الحـالات محدودة ٠

وتختلف المحددات (القيود) من حالة الى أخرى وتشمل هذه :

ـ النقص فى التكنولوجيا المتاحة فى الوقت الحالى ٠

ـ الارتفاع الباهظ فى تكلفة الانتاج حتى فى حالة امكان التكنولوجيا المتاحة ٠

ـ الاعتماد التام على معدل الانتاج للناتج الرئيسى أو الثانوى ٠

ـ فى كثير من الأحيان يكون المدى الشاسع لعملية التعدين اللازمة بالنسبة للمصادر ذات الرتبة أو النوعية المنخفضة جدا ٠

ـ المشاكل البيئية التى تصاحب عمليات الاستخراج ٠

ونظرا لهذه العوامل المختلفة والمتعددة فان المتوقع أن هذه المصادر غير التقليدية ستكون قادرة على الاسهام فى الانتاج العالمى بكميات محدودة ٠

وفيما عدا اليورانيوم المنتج ثانويا أو المنتج من عملية انتاج مشترك فان السعر المتوقع سيزيد كثيرا عن المذكور أعلاه بينما ستكون الكميات ضئيلة جدا وتقدر فى حدود ١٠٠ الى ٣٠٠ طن يورانيوم سنويا ٠

المصادر غير المستكشفة لليورانيوم :

لم تجهز حتى الآن ـ وفى حدود معلومات الكاتب ـ تقديرات شاملة بالنسبة لليورانيوم غير المستكشف اللهم الا التقديرات التى أعدتها كل من وكالة الطاقة النووية (NEA) والوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA) وبالحقيقة فان الولايات المتحدة الأمريكية هى البلد الوحيد الذى قام بنشر تقديراته وأحدث هذه التقديرات هى مليون ونصف مليون طن من اليورانيوم هذا اضافة الى بعض الأطنان المقسمة بين المصادر شبه المؤكدة وتلك البيانات التقديرية للمصادر الاضافية أما بالنسبة لمعظم البلاد فان الحاجة لاعدادنا بافتراضات شاملة لمصادرها غير المستكشفة أصبحت حتمية ٠

ولكن للأسف فان المجهودات فى هذا الاتجاه عطلت وبشدة نتيجة لنقص المعلومات الجيولوجية والجيوكيماوية والجيوفيزيقية هذا اضافة الى أن الوسائل المتاحة لتقدير اليورانيوم غير المستكشف تكاد تكون فى مرحلة « الجنين » ٠

وازاء حالة عدم وجود أساس شامل للبيانات فان محاولات عديدة قد بذلت لتقدير مصادر العالم من اليورانيوم القابل للاستخراج والذى يستكشف بعد وذلك باستخدام نماذج محاكاة رياضية / احصائية ٠

والتقديرات المختلفة التى وردت تقارير بشأنها تتراوح ما بين ٨٠ الى ٢٨٠ مليون طن من اليورانيوم ٠

وعلى الرغم من أن نتائج هذه المحاولات تعتبر مشجعة الا أنها ليست نهائية وفى الحقيقة فان الوسائل التقديرية التى تستخدم الطرق الرياضية / احصائية وخاصة تلك المبنية على أساس دورة العمر الانتاجية Life Cycle Production ومعدلات الاستكشاف لا يزال خبراء مصادر اليورانيوم ينظرون اليها بتحفظ كبير فمثلا وبعد استخدام هذه النماذج لتقدير كمية اليورانيوم فى مصادر معروفة مسبقا ـ وسبق

استكشافها وذلك بالنسبة لمناطق العالم الجيولوجية ـ كانت النتيجة غير منطقية على الاطلاق حيث انتهت الى أن أمريكا الشمالية والتى تمثل مساحتها ١٧٪ فقط من مساحة اليابسة تقدر جميع المصادر فيها (اى مجموع شبه المؤكد والمصـــادر التقديرية ٥٨٪ من اجمـــالى المصادر المعروفة ٠٠) وهى نتيجة غير منطقية على الاطلاق ٠

وعلى الرغم من أن نشاطات استغلال اليورانيوم قد بدأت وحسب التقارير المعروضة أمام لجنة مؤتمر الطاقة العالمى ـ فى ثمانين دولة الا أن عددا قليلا منها يمكن أن يقال عنها أنها مجهودات محسوسة والحقيقة أنه وربما باستثناء أمريكا الشمالية وأوروبا الغربية لم يلق هذا الموضوع فى أى بقعة أخرى من العالم ما يستحقه من الاهتمام فالمشكلة عامة ليست هى مشكلة وجود مصادر لليورانيوم انما هى مشكلة الحصول عليه وفقاً للقياس الزمنى المطلوب ٠

فدخول أو حتى الاقتراب من كثير من منـاطق العـــالم المرغوب استكشـــاف اليورانيوم فيهـا تقيده أساســـا نقص البنية الأساســية Infrastructure وفى أغلب الأحيـان تحده اللــوائح والنظم التى تســمح للأجانب بالاشتراك فى عمليات الاستكشاف والتنقيب ٠

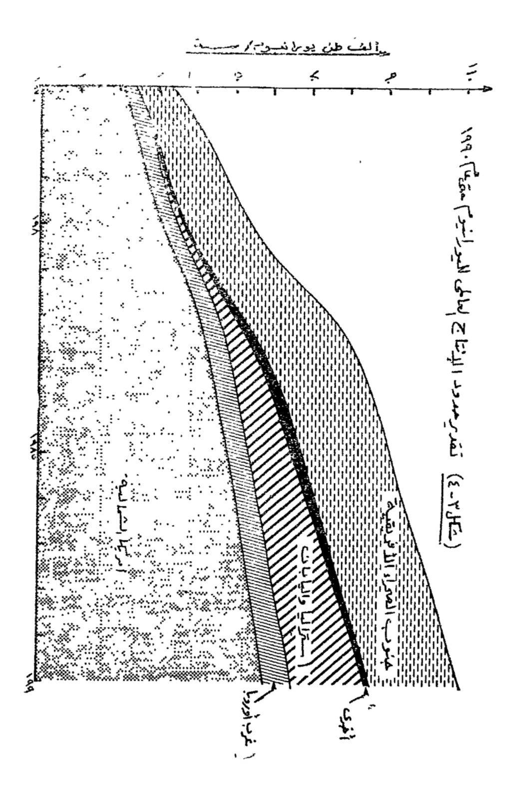
علاوة على ذلك فان تكنولوجيات استخراج اليورانيوم فى الوقت الحالى قد تثبت أنها غير ملائمة لأعمال استخراج رواسب اليورانيوم المتوقعة فى الأعماق ٠

الاجراءات المطلوبة :

لا شــك أن الأمر يتطلب مجهــودات كبيرة حتى يمكن أن تصل كميات اليورانيوم التى يستحصل عليها من المصادر المعروفة الى المعدلات المبينة بالشكل رقم (٣ ـ ٤) ٠

وعلى الرغم من أن المصادر التى تحتاج اليها للوصول الى هذه الطاقة الانتاجية قد تم اكتشافها الى حد بعيد الا أن المطلوب المزيد من المجهودات لتحديد أو تخطيط تصور لهذه المصـــادر بالنسبة للمصـــادر التقديرية الاضافية ٠

ويجب التنويه هنا الى ان المتصور ـ لدى الخبراء ـ ان كميـــات



شكل (٣-٤) تقدير حدود الإنتاج العالمي لليورانيوم حتى عام ١٩٩٠

الانتـاج الضخـمةوالرئيسية والمتوقع أن تبـدأ فى الثمانينيات من هذا القرن ستكون أساسا من مصادر جديدة ٠

وثمة عدد من الوسائل لتصـوير كميـة المجهود التى سيحتاج العالم اليها للحصول على كمية اليورانيوم المطلوبة بما فيهـا اجراءات الطاقة والمعدات والمواد والقوى البشرية ولا شك فان أهم عناصر التكلفة الأساسية هى تكاليف الاستكشاف والتطوير ومنشآت الحقل الانتاجى نفسه وتكاليف الانتاج اضافة الى التكاليف الاخرى المتعلقة باستخدام النقود أى معدل عائد الاستثمار ٠

والسعر الحالى لليورانيوم هو فى حـــد ذاته يعتبر دافعا كافيـا للمؤسسات الصناعية لاجراء المزيد من عمليـات الاستكشاف لمصـــادر أخرى من اليورانيوم التقليدى ٠

ومن الواضح أنه سيكون هناك عدد من التوقعات للأسعار وهذه تعتمد على الافتراضات المطبقة ٠

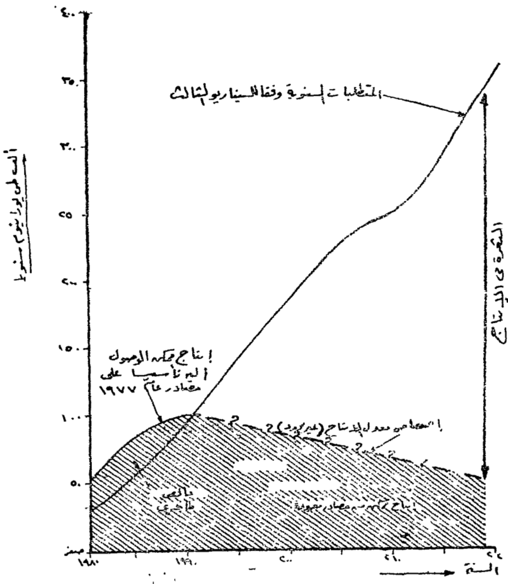
ويبين الشكل (٣ـ٥) تصورا لمصادر اليورانيوم فى العالم من عام ١٩٨٠ حتى عام ٢٠٢٠ تأسيسا على السيناريو الثالث ٠

وسوف تقل معدلات الانتاج من المصادر المعروفة بعد عام ١٩٩٠ تقريبا نتيجة لنضوب المصادر فى بعض الرواسب وكذلك نتيجة لانخفاض خصـــوبة المناجم الى جانب الأسباب الأخرى وحتى مع امكانيـــة تحقيق أقصى قدرة للانتاج تقدر بمائة ألف طن من اليورانيوم سنويا مستخرجة من المصادر المعروفة فان ما ينبغى انتاجه من مصـــادر جديدة يقـــدر بحوالى ٣٠٠ر٠٠٠ طن سنويا ما بين عامى ١٩٩٠ ، ٢٠٠٠ ٠

وعلى الرغم من ان جزءا من الثغرة فى الانتـاج المبينة بالشـــكل (٣ـ٥) سوف يمكن مجابهتها من المصادر الاقل اقتصادا وذلك بتخفيض التكاليف ومن خلال التقدم التكنولوجى الا أن الجزء الاكبر من الاحتياجات الاضافيه يجب استكماله من انتاج مصادر جديدة ٠

والكمية الحقيقية من مصادر اليورانيوم والتى ينبغى استكشافهـا ستتغير بدرجات كبيرة معتمدة على درجة استكشاف وتطوير الرواســب من الاحجام والرتب المختلفة ٠

ويبين الجـدول رقم (٣ـ٥) متطلبـات الاستكشاف لتغطية الحاجة السنوية للعالم من اليورانيوم حتى عام ٢٠٢٠ بافتراض الســـيناريو



(شكل ٣ ـ ٥) : تصور لمشكلة مصادر اليورانيوم خلال الفترة من ١٩٨٠ حتى ٢٠٢٠

الثالث ومع خليط من نوعى التعدين السطحى وتحت الارض بافتراض ان فى المتوسط يلزم خمس سنوات كفترة زمنية لازمة ما بين استكشاف النجم وبدء انتاجه فيقدر عدد الاستكشافات ب ٣٢٩ استكشافا جديدا يبلغ اجمالى قدرتها الانتاجية ب ٩ر٥ مليون طن من اليورانيوم وبتكاليف استكشاف ـ **بأسعار عام ١٩٧٦ تقدر بحوالى ٥٠ (خمسين) بليون دولار أمريكى** •

اضافة الى هذا فان اجمالى الاستثمارات اللازمة لتغطية مستلزمات هذا الانتاج الجديد فقدرت ما بين ثلاثين وأربعين بليون دولار أمريكى •

جدول (٣ ـ ٥) : تصور لمتطلبات الاستكشاف لمقابلة الطلب العالمي السنوي من اليورانيوم من عام ١٩٧٦ حتى عام ٢٠٢٠ باتباع السيناريو الثالث

	لو ان كل الانتاج الاضافي حتى عام ٢٠٢٠ يجب مواجهته بدءا من استكشاف المنجم وتشغيلـه بمزيج من التعدين السطحي وتحت الارض ممثـلا ل :	عدد الاستكشافات المطلوبة حتى عـام ٢٠١٥
(ب)	حجم كبـير ـ رتبـة منخفضـة ـ تكنيك الحفرة المفتوحة مثل روسنج ـ ناميبيا	١٢
(أ)	حجم متوسط ـ رتبة متوسطة ـ مركز انتـاج الحجر الرملي مثل نيومكسيكو الولايات المتحدة ٠	٧٨
(ج)	حجم متوسط ـ رتبة متوسـطة ـ منجم تحت الأرض مثل الدوراد ـ كندا ٠	٨
(د)	حجم منوسط ـ رتبة متوسطة ـ مركز انتـاج تحت الارض مثل الدوراد ـ وكندا ٠	٦٠
(هـ)	حجم كبير ـ رتبة عالية ـ تكنيك الحفرة المفتوحة مثل رانجر ـ استراليا ٠	٢٧
(و)	حجم صغير ـ رتبة متوسطة ـ مركز انتاج حجر رملي مثل وايومنج ـ الولايات المتحدة ٠	١٤٤
	اجمالي الاستكشافات المطلوبة حتى عام ٢٠١٥	٣٢٩

مصادر امدادات الثوريوم :

تقدر المصـادر العـالمية للثوريوم والتي يمكن استخراجها بتكاليف معقولة (وهي ٣٠ دولار للرطل من ثاني أكسيد الثوريوم بأسعار عـام ١٩٧٦) بحوالي ٦٣٫٠٠٠ طن نصفها تقريبا من المونازايت المتواجـد في رواسب معدنية ثقيلة (تحوي معادن التيتانيوم والقصدير والزركونيوم) داخل رمال شاطئية بالهند وباقي المصادر توجد في استراليـا والبرازيل

وماليزيا والولايات المتحدة الأمريكية ويبلغ الانتاج العالمى حاليا من الثوريوم حوالى ٧٣٠ طن فقط جميعها كمنتج ثانوى لمركب المونازايت النادر ٠

ويمكن الوصول بالانتاج العالمى الى ٤٢٠٠ طن من الثوريوم باستخراجه كمنتج ثانوى من عمليات انتاج اليورانيوم فى كندا ومن مناجم النحاس فى أفريقيا وكذلك من مناجم المعادن النبيلة فى البرازيل ولكن مازال هنالك مصدر هام لانتاج الثوريوم كمنتج أساسى من الرواسب العرقية لصخور الثوريت Thorite بالولايات المتحدة الأمريكية ٠

التحسينات فى استغلال الوقود :

يحتاج العالم الى تطور تكنولوجى كبير للتقليل من الطلب على اليورانيوم بدرجة ملحوظة والمعروف لدى المتخصصين أن أقصى تخفيض ممكن ـ من الناحية النظرية ـ فى الطلب على اليورانيوم هو بنسبة ٣٥٪ ويمكن تحقيق ذلك باعادة دورة اليورانيوم والبلوتونيوم داخل مفاعلات الماء الخفيف بينما يمكن زيادة هذه النسبة الى ٥٠٪ فى مفاعلات الماء الثقيل ولا شك فان مفتاح التقدم فى هذا المضمار هو استنباط دورات جديدة متقدمة للوقود النووى ٠

واستخدام دائرة وقود الثوريوم بالنسبة للمفاعلات الحرارية ـ ودائرة البلوتونيوم بورنيوم داخل مفاعلات التوالد السريع من شأنها التقليل أو التخفيض من متطلبات اليورانيوم ولكن هذا التخفيض يعتمد بالأساس على معدل تنمية النظام النووى وجميع دورات الوقود المتقدمة تتطلب ما يلى :

- اعادة استخدام الوقود ٠
- تصنيعا فعالا للوقود ٠
- تخزينا دائما للنفايات (المخلفات) ٠

هذا أضافة الى البداية والنهاية التقليدية لدورات الوقود وتعتبر عملية اثراء الوقود واعادة استخدامه ـ لحد ما ـ هى عنق الزجاجة بالنسبة لتطوير المفاعلات النووية على نطاق تجارى وذلك بسبب طول الفترة الزمنية التى تحتاجها هذه العملية ٠

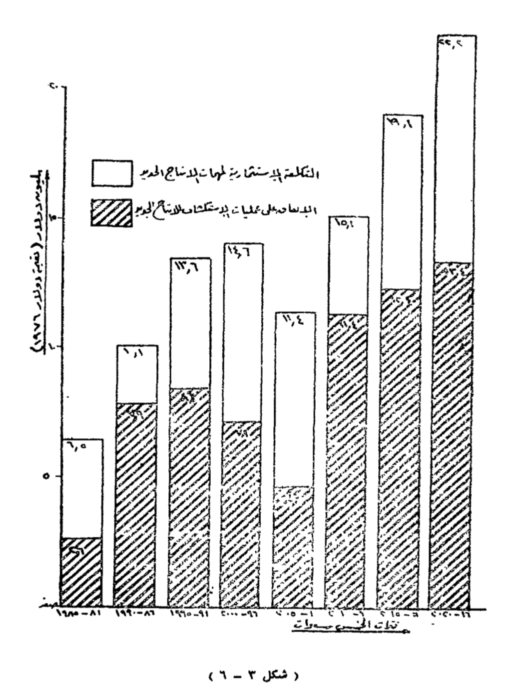
وتبين الجداول رقم (٣ـ٦) (٣ـ٧) وكذلك حسب تقدير للمتطلبات

السنوية باعتبار النظم الاقتصادية التى كانت سائدة ، حتى عام ١٩٧٦ لمتطلبات أعمال الفصل Separative Work Requirements وكذلك لاعمال اعادة استخدام الوقود ٠

وجدير بالذكر فان جميع أنواع المفاعلات ــ وهى بدون شك تحتاج الى المزيد من التطوير تبعا لتطورات دورات الوقود وذلك باستثناء مفاعل الماء الثقيل والذى يمكنه استخدام دورة الثوريوم بتعديل طفيف ــ مازالت فى طور التصميمات التجريبية وان كان أقربها للتطبيق هنا مفاعلات الحرارة العالية ومفاعلات التوالد السريع ٠

جدول (٣ ــ ٦) تقديرات للمتطلبات السنوية العالمية من اعمال فصل الوقود النووى مقيمة بالمليون كيلوجرام من وحدات أعمال الفصل :

سيناريو التنمية	دول منظمة التعاون الاقتصادى المناطق ١ ــ ٣		دول التخطيط الاقتصادى المركزى المناطق ٤ ــ ٥		بقية المناطق من ٦ الى ١١	
	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠
السيناريو الأول	١٠٥	٢٦٠	٤٥	١٧٩	٢١	١١٠
لسيناريو الثانى	١٠٥	١٦٠	٤٥	١٣٠	٢١	١١٠
لسيناريو الثالث	٩٠	١٠٣	٤٥	١٠٥	٢١	١١٠
لسيناريو الرابع	٩٠	٦٠	٤٥	٦٨	٢١	١١٠
السيناريو الخامس	٩٥	١٦٠	٤٧	١٢٨	—	—



(شكل ٣ ــ ٦)

تكلفة الانفاق على عمليات الاستكشاف وكذلك اجمالى التكلفة الاستثمارية حسب سيناريو ٣

جدول (٣ - ٧) تقديرات من المتطلبات العالمية السنوية من اعادة استخدام الوقود مقيمة بالألف ميجاجرام :

سيناريو التنمية	دول منظمة التعاون الاقتصادى المناطق ١ ← ٣		دول التخطيط الاقتصادى المركزى المناطق ٤ ← ٥	
	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠	عام ٢٠٠٠	عام ٢٠٢٠
السيناريو الأول	—	—	—	—
السيناريو الثانى	٢	٦٨	صفر	٥٦
السيناريو الثالث	١١	٥٣	٤	٣١
السيناريو الرابع	١٠	٣٥	٣	٣٠
السيناريو الخامس	١٣	٦٥	٥	٤٠

خلاصة وتعليق على وضع ومستقبل الطاقة النووية :

١ - بالنظر الى مستقبل مصادر الطاقة النووية فان تقديرات مصادر اليورانيوم وكذا متطلبات اثرائه هى أقل التوقعات لعدة أسباب ليس أقلها ان مستقبل الطلب على الطاقة يعتبر متواضعا استنادا الى الواقع التاريخى له ٠

٢ - ان الفرض القائل بأن الطاقة النووية ستغطى فى المتوسط ٥٠٪ من احتياجات الطاقة الكهربائية يؤدى الى تقديرات تشير الى ان قدرة المحطات النووية المنشأة ستكون أقل من معظم التقديرات الحديثة ٠ هذا علاوة على ان التقديرات تأخذ فى الاعتبار انتاج الطاقة الكهربائية فقط ٠

٣ - ان استخدام الطاقة النووية - كمصدر حرارى - يتوقع تطبيقها فى بعض المجالات مثل التسخين المركزى وصناعة الصلب وانتاج الوقود الصناعى ٠ وهذا بطبيعة الحال لا بد من اضافته الى اجمالى الطلب على الطاقة النووية والسابق عرضه ٠

٤ - لعل من أهم العوامل التى من شأنها تخفيض المتطلب من اليورانيوم هو افتراض معدل تطور لدورات الوقود المتقدمة يعادل التطور

فى المفاعلات نفسها وربما يكون هذا الافتراض تفاؤليا حيث انه منذ استخدام مفاعلات الماء الخفيف كان هنالك بعض الصناعات المعاونة واللازمة كانت قائمة وعلى مستوى تجارى · وهذا الوضع ليس متوافرا بالنسبة لمفاعلات التوالد السريع ودورات الوقود المتقدمة الأخرى ·

٥ ـ مصادر اليورانيوم المعروفة الآن ـ باستثناء الولايات المتحدة الأمريكية ـ موزعة بين بلاد ليس فى مخططاتها برامج نووية ضخمة قبل عام ٢٠٠٠ وعلى العكس من ذلك فان المتنبأ به هو زيادة سريعة فى تنمية القدرة النووية بعد عام ٢٠٠٠ فى المناطق المتوقع استكشاف مصادر جديدة من اليورانيوم بها والتى من شأنها تأمين مصادره على المدى الطويل ·

٦ ـ ازاء هذه المصادر الوفيرة والتى يمكن ان تؤمن احتياجات العالم من اليورانيوم على المدى الطويل ستجعل المشكلة ليست كما هى الآن مشكلة وجود المصادر بل ستصبح المشكلة هى الحصول على المصادر المطلوبة بزمن قياسى مناسب ·

٧ ـ من بين العوامل العديدة والتى من شأنها زيادة تعقيد المشكلة ربما كان عامل الزمن هو أهمها · فبأحسن الفروض ـ وهو السيناريو الثالث ـ فسيكون مطلوبا من قطاع الصناعة ان يزيد من انتاجه خمسة عشر ضعفا خلال الفترة من ١٩٧٥ الى عام ٢٠٢٠ أى ٤٥ عاما مما يمثل معدل تنمية عالميا منخفضا باعتبار أن التنمية مطلوبة فى مناطق مختلفة خلال أزمنة مختلفة ·

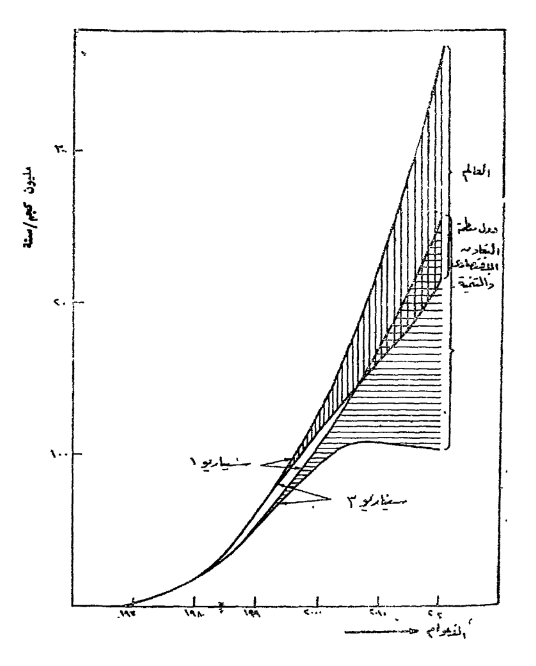
وفى الحقيقة يوجد قطاع آخر هو صناعة التعدين يتوقع له استكمال هذا العمل فى مثل هذه الفترة القصيرة حيث انه وبالنظر الى القيود المتزايدة والفترات الزمنية الطويلة بين استكشاف منجم جديد وبين تحقيق الانتاج فان فترة الخمسة وأربعين عاما تعتبر فترة قصيرة ·

٨ ـ بدون استخدام دورات وقود متقدمة فيبدو انه سوف لا تتمكن الطاقة النووية بالوفاء بنسبة ٥٠٪ من احتياجات العالم من الطاقة الكهربائية ·

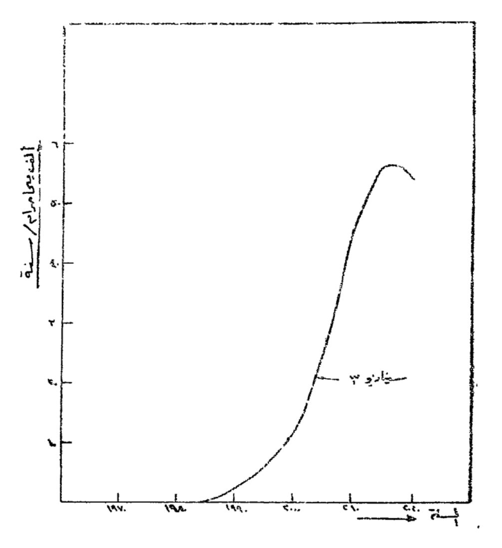
٩ - أهم ما يحد من استنباط دورات جديدة للوقود هو الحاجة الملحة الى صناعة ذات كفاءة عالية لاعادة استخدام الوقود · والحقيقة فان سنوات القرن الحادى والعشرين والتى تعقب نضوب مصادر البلوتونيوم الأصلية فان أثر ادخال تكنولوجيا مفاعلات التوالد السريع ستكون هامشية ما لم تنخفض معدلات التنمية فى الطاقة الكهربائية الى أقل من ٤٪ أو ٥٪

١٠ - على الرغم من أن المتوقع هو تزايد نسبة مشاركة الطاقة النووية فى الوفاء باحتياجات العالم من الطاقة الكهربائية فالمتوقع لها ألا تتجاوز نسبة ٥٠٪ الى ٦٠٪ ·

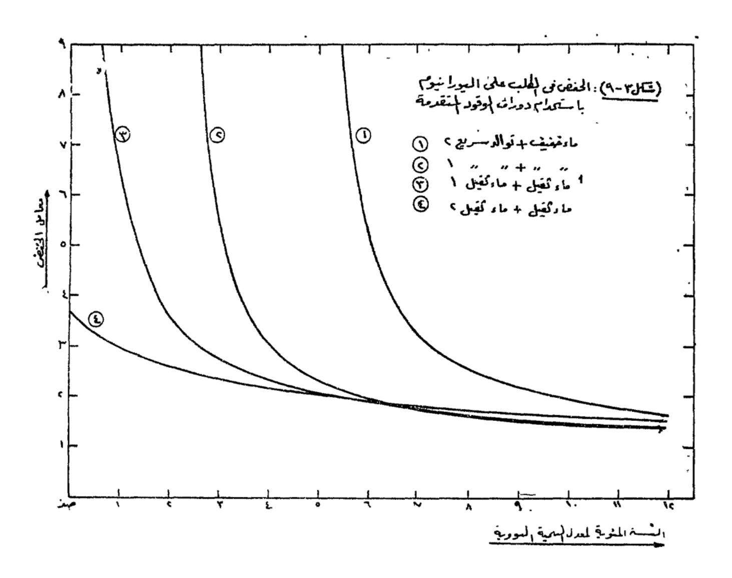
١١ - وأخيرا فان العالم فى حثيث الحاجة الى اجراءات عاجلة لتطوير مصادره من اليورانيوم وكذلك تطوير التكنولوجيا النووية بشكل عام



(شكل ٣ - ٧) تأثير ادخال مفاعلات التوالد السريع على المتطلبات السنوية لاخصاب اليورانيوم



(شكل ٣ ـ ٨) : اجمالى المطلوب لدول منظمة التعاون الاقتصادى والتنمية عند ادخال مفاعلات التوالد السريع



(شكل ٣-٩): الخفض في الطلب على اليورانيوم باستخدام دورات الوقود المتقدمة

حول العالم مع الطاقة النووية

اولا : الطاقة النووية فى أوروبا الغربية :

مما لا شك فيه أن هناك عوامل هامة تجعل هذه المنطقة من العالم تهتم بشدة بأن تزيد من اعتمادها على الطاقة النووية وهذه العوامل هى :

- ان هذه المنطقة مستورد كبير للمواد الخام .
- انها ذات كثافة سكان عالية والتى أصبح لها مستوى معيشة مرتفع اكتسبته من تصدير البضائع المصنعة .

وهذان العـاملان من شأنهما زيادة استهلاك الطاقة فى كل من القطاعات المنزلية وقطاعات الصناعة وفى نفس الوقت أصـــبحت أوربا الغربية تعتمد كثيرا على البترول المستورد .

ولقد بلغ حجم المستورد من مصادر الطاقة الأولية ما بين ٦٠٪ و ٧٠٪ من استخداماتها في هذه المنطقة . وتتجاوز بعض البلاد الصغيرة فى هذه المنطقة هذه النسبة أحيانا .

وعلى الرغم من أن معظم هذه البلاد تستورد وقود اليورانيوم اللازم لتشغيل محطات الطاقة النووية الا أن كلا من الصغر النسبى للكمية المطلوبة للتشغيل مع توافر مصـادر هذا الوقود تجعل من تكنولوجيا الطاقة النووية عامل جذب كبير لاستخدامها كبديل للبترول فى توليد الكهرباء بل على المدى الطويل يمكن استغلالها فى التطبيقات الحرارية ومن ثم الاقلال من الاعتماد على البترول بينما كانت هذه العوامل هى الدافع الرئيسى وراء انشاء عدد كبير ذى سعات ضخمة من محطات القوى النووية فى أوربا الغربية الا ان الوضع بالنسبة لبلاد فيها منفردة أصبح أكثر

ذكرت الاحصائيات حتى نهاية عام ١٩٧٩ ان بالعالم ١٣٢ محطة تعمل بالطاقة النووية تحتوى على ٢٢٣ مفاعلا . ويجرى العمل فى ٩٧ موقعا . والجدول رقم (٤ ـ ١) يبين توزيع مواقع المحطات والمفاعلات الشغالة فعلا والتى فى دور الانشاء .

جدول رقم ٤ ـ ٩) الوضع العالمى لمحطات الطاقة النووية

القطر	شغالة				فى دور الانشاء			ملاحظات
	عدد المواقع	السعة الكلية ميجاوات ك	النسبة المئوية من توليد الكهرباء	خبرة تشغيل المفاعل (سنة)	عدد المواقع الجديدة	السعة الكلية ميجاوات ك	متوسط الطاقة السكانية شخص/كم٢	
جنوب أفريقيا	ـ	ـ	ـ	ـ	١	١٨٤٤	٢٣	
الهند	٢	٨٠٤	٩ر٠	٢٥	٢	٨٨٠	١٩٤	
ايران	ـ	ـ	ـ	ـ	١	٢٤٠٠	٢١	لغيت خطة انشاء مفاعلين بنفس الموقع
اليابان	٩	١٤٥٢٢	٣ر١١	٩٦	٣	٥٦١٤	٣٠٩	سيعمل مفاعل توالد سريع بقدرة ٣٠م٠و سنة ١٩٨٥
كوريا	١	٥٦٤	٠ر٩	١	٢	٣٠٣٤	٣٧٦	
باكستان	١	١٢٥	٤ر٥	٦	ـ	ـ	٩٥	
الفيليبين	ـ	ـ	ـ	ـ	١	٦٢٠	١٥٥	يخطط لانشاء ٦٢٠ م٠و٠ نفس الموقع

تابع جدول (٤ ـ ١) الوضع العالمى لمحطات الطاقة النووية حتى نهاية ١٩٧٩

القطر	شغالة				فى دور الانشاء			ملاحظات
	عدد المواقع	السعة الكلية ميجاوات ك	النسبة المئويه من توليد الكهرباء	خبرة تشغيل المفاعل (سنة)	عدد المواقع الجديده	السعة الكلية ميجاوات ك	متوسط الطاقة السكانية شخص/كم٢	
تايوان	١	٦٠٤	٣ر١٠	١	٢	٤٣٢٠	٩٧	
النمسا	—	—	—	—	١	٦٩٢	٩٠	لمحطه جاهزة ـ التشغيل موقوف
بلجيكا	٢	١٧٥٠	٢٣	٢٢	—	٤٠٠٠	٣٢٢	خطة الطاقة فى انتظار اتخاذ القرار الحكومى .
بلغاريا	١	٨٨٠	٨ر١٩	٨	—	٨٨٠	٧٩	خطط حتى ٧٧٠٠ م٠و عام ١٩٩٠
تشيكوسلوفاكيا	١	١١٠	٢ر٠	٧	١	١٧٦٠	١١٨	مخطط حتى ١٢٠٠٠م ٠ وعام ١٩٩٠
المانيا الاتحادية	١٠	٩٣٠٠	١١	١٠١	٧	١٢٦٠٠	٢٤٧	١٢ مفاعلا قدرتها ١٥٠٠٠ م ٠ وموقوفة قضائيا
فنلندا	٢	١١٥٠	١٠	٢	—	١١٥٠	١٤	موقع مزيد من العقود خلال عامين
المانيا الديمقراطية	١	١٣٢٠	٧ر٥	٢٣	١	٢٢٠٠	١٥٥	يخطط لتركيب ٣٥٢٠ م ٠ و ٠
المجر	—	—	—	-	١	٨٨٠	١١٥	يخطط حتى ٥٧٠٠م ٠ و٠ حتى عام ١٩٩٠
ايطاليا	٤	١٥٠٠	٥	٤٦	٢	٢٠٠٠	١٨٨	١٠ مفاعلات قدرتها ١٠٠٠٠ م ٠ و ٠ تنتظره
فرنسا	٨	٧٨٠٠	١٣	١١١	١٠	٣٣٠٠٠	٩٧	مستهدف ٤٠٪ من الطاقة الكهربائية عام ٨٥

تابع جدول (٤ ـ ١) الوضع العالمي لمحطات الطاقة النووية حتى نهاية ١٩٧٩

القطر	شغالة				في دور الانشاء			ملاحظات
	عدد المواقع	السعة الكلية ميجاوات ك	النسبة المئوية من توليد الكهرباء	خبرة تشغيل المفاعل سنة	عدد المواقع ميجاوات الجديدة	السعة الكلية ميجاوات ك	متوسط الطاقة السكانية شخص/كم٢	
بولندا	٢	٥٣٠	٧	١٢	—	—	٣٤١	في انتظار قرار الحكومة
هولندا	—	—	—	—	١	٨٨٠	١١٢	يخطط حتى ٨٠٠ م ٠ و ٠ ك ٠ حتى ١٩٩٠
رومانيا	—	—	—	—	١	٤٤٠	٩٢	يخطط حتى ٦٠٠ م ٠ و ٠ ك ٠ حتى ١٩٩٠
الاتحاد السوفيتي	١١	١١٤٧٥	٣	٢٨٢	٦	٢٠٥٤٠	١٢	
أسبانيا	٣	١١٣٠	٨	٢٥	٥	٦٥٠٠	٧٤	٤ مفاعلات اجمالى ٤٠٠٠ يخطط لها ٠
السويد	٤	٣٨٥٠	٢٢	٢٥	١	٦٠٠٠	١٨	٢ من ٦ مفاعلات جاهزة ولم تعمل للمعرض
سويسرا	٢	٢٠٠٠	١٧	٢٤	—	٢٢٠٠	١٥٣	يخطط ٣ مفاعلات قدرتها ٣٠٠٠م ٠ و
المملكة المتحدة	١٥	٨٢٠٠	١٤	٤٤٥	٣	٤٠٠٠	٢٢٩	يخطط ٤ مفاعلات قدرتها ٢٦٠٠ مو
يوغوسلافيا	—	—	—	—	١	٦٣٠	٨٦	(يخطط لاضافة ١٠٠٠ م ٠ و ٠)
الارجنتين	١	٣٣٥	٥ر٣	٥	١	٦٠٠	١٠	
البرازيل	—	—	—	—	١	٢٠٥١	١٤	يخطط ١٢٤٥ م ٠ ونفس المواقع عام ١٩٨٦
المكسيك	—	—	—	—	١	١٣٠٨	٣٤	يخطط ٣٥٢٤ م ٠ و ٠ عام ١٩٩١
كندا	٤	٥٤٧٦	٨ر٨	٦٨	١	٦٣٥٦	٢	خطط ٣٢٧٠٨م ٠ وعام ١٩٩١ وكذلك
الولايات المتحدة	٤٨	٤٨٧٨٠	١١٫٢	٤٠٦	٣٨	٩٥٠٤٥	٢٣	١١٥٠٣م ٠ و ٠ في تاريخ لاحق ٠

تعقيدا نتيجة للاعتبارات السياسية والجماهيرية داخلهـا والتى جعلت الغلبة فيهـا للاعتبارات القومية وذلك على الرغم من محاولات الهيئـات والوكالات الدولية مثل وكالة الطاقة الدولية لمنظمة دول التعاون الاقتصادى والتنمية ٠

وسنستعرض سريعا للوضع داخل كل دولة على حدة من دول هذه المنطقـة :

١ - المملكة المتحدة

كان لهذه الدولة شرف تنفيذ أول برنامج للطاقة النووية على نطاق تجارى فى أواسط الخمسينات من هذا القرن ٠ ولقد جاء هذا التطور - الى حد ما - كنتيجة لأزمة السويس ٠
وكان البرنامج النووى البريطانى يعتمد على ما يسمى بمفاعلات « ماجنوكس » (Magnox) وهى مفـاعلات تعمل بوقود اليورانيـوم الطبيعى وتبرد بالغاز وتستخدم الجرافيت كمهدىء ٠

والحقيقة فقد كانت هناك عوامل سياسية مشجعة أول الأمر لهذا البلد كأول من اقتحم هذا المجال تجاريا على الرغم من تكاليف المحطات الباهظة بالمقارنة بمحطات الفحم مثلا ٠ وبعد أزمة السويس قطع البرنامج النووى وعادت المملكة المتحدة الى محطات توليد الكهرباء التى تعمل بالمازوت على أساس انها أرخص تكلفة لكل وحدة انتاج (ك٠و٠س) ولقد قدمت - وما زالت تقدم المحطات النووية التى تعمل بمفاعلات « ماجنوكس » دليلا على انه يمكن الاعتماد عليها بدرجة كبيرة كمولد اقتصادى للكهرباء ٠

وحتى قبل أزمة البترول عام ١٩٧٣ كانت محطات توليد الطاقة النووية تسجل كل يوم تخفيضا فى تكلفة انتاج الكهرباء عن ما عداها من المحطات الحرارية مثل التى تعمل بالمازوت أو الفحم وتقوم حاليـا محطات « ماجنوكس » بتغطية ما يتراوح من ١٠٪ الى ١٢٪ من حاجة المملكة المتحدة من الطاقة الكهربائية وبتكاليف تصل الى نصف تكاليف نظيراتها من المحطات التى تعمل بالمازوت أو ثلثى نظيرتها التى تعمل بالفحم حتى ان كثيرين من البريطانيين أصبحوا يتساءلون : لماذا لم نبن عددا أكبر منها قبلا ؟

ولكن قبل الادلاء بهذا الاعتراف بالفضـل الذى حققته محطات « ماجنوكس » كان قد تم وضع وكذلك البدء فى برنامج نووى ثان يعتمد على مفاعلات أكثر تطورا وتبرد بالغاز وتغذى بوقود من أكسيد اليورانيوم الغنى وبطبيعة الحال كان هنالك حماس مبكر لهذا التطور والذى كان

منافسا كبيرا للتصميم الأمريكي لمفاعلات الماء الخفيف والتى بدت تغزو السوق العالمى لمحطات الطاقة النووية ٠

الا انه يتحتم علينا ان نقر هنا الى ان استخدام « المفاعل المتطور والذى يبرد بالغاز » أدى الى مشاكل فنية معقدة ظهرت أثناء عملية الانشاء حتى ان المفاعلات الثمانية والتى أقيمت فى أربعة مواقع والتى بدأ انشاؤها منذ أكثر من ثلاثة عشر سنة (عام ١٩٦٩) لم يبدأ تشغيلها فقط الا منذ ثلاث سنوات فقط (عام ١٩٧٩) وحتى هذه لا يتوقع لها المراقبون أن تحقق نجاحا أكثر مما حققت مفاعلات « ماجنوكس » هذا وقد تضمن البرنامج الثانى انشاء ستة مفاعلات موزعة على موقعين لتشغيلها فى منتصف الثمانينات ٠

وبالاضافة الى مشاكل التركيبات التى تقابل انشاء مفاعلات التبريد بالغاز فلعل أهم مشكلة تقلق بال المسئولين عن صناعة المفاعلات النووية البريطانية هى المشكلة المزمنة وهى « اختيار مستقبل نظم المفاعلات » فمثلا هنالك حزب قوى يحبذ التحول الى مفاعلات الماء المضغوط ٠

وبنهاية عام ١٩٧٧ صرحت الحكومة البريطانية ــ وبعد تردد ــ باجراء دراسة تصميمية لمفاعلات الماء المضغوط الأمريكية والألمانية ٠ ويمكن ان يؤدى ذلك الى اقامة مشروع « تعليمى » هذا العام (١٩٨٢) ٠

ولكن كانت تلك الضربة القاضية للصناعة النووية البريطانية فى نهاية الستينات وهى انعكاس اتجاه التنمية المتوقعة للطلب على الطاقة الكهربائية والتى لم يكن من الممكن التنبوء بها فى الخمسينات أو أوائل الستينات من هذا القرن ٠

ولعل من أسباب هذا التطور ما يأتى :

ــ اكتشاف احتياطيات كبيرة من الغاز الطبيعى أسفل بحر الشمال واستخدام هذا الوقود للاستهلاك المنزلى وكان سعر هذا الغاز من الضآلة الى حد هدد بتوقف استخدام الوقود النووى والفحم وكذلك برامج ترشيد الطاقة فى نفس الوقت أصيب الاقتصاد البريطانى بنكسة كان من شأنها الابطاء من معدلات التنمية بأكثر مما كان متوقعا وحتى قبل أزمة البترول فى الشرق الأوسط ٠

ــ حيث ان المملكة المتحدة تمتلك احتياطيات هائلة من الفحم ٠ وعلى الرغم من أن تعدينه باهظ التكاليف الا أن جماعة الضغط السياسى من رجال الفحم تمكنوا من الضغط على الحكومة البريطانية لزيادة استخدام الفحم بحرقه فى محطات توليد القوى الكهربائية وأخيرا فان اكتشاف البترول (علاوة على الغاز الطبيعى السابق ذكره) أسفل بحر الشمال

وأمل البريطانيين في الاكتفاء الذاتي منه خلال الثمانينات فى هذا القرن أحدث بهجة كبيرة لدى الشعب كان من أثرها أن أجل السياسيون اتخاذ قرارات هامة فى السياسة طويلة الأجل ومن ثم فلم يتخذ قرار بشأن المضى قدما لانشاء مفاعل توالد سريع تجريبى فى المرحلة التالية من تطور التكنولوجيا النووية ٠

ورغم كل هذه الظروف الا ان المملكة المتحدة ظلت فى مقدمة الدول فى مجال التكنولوجيا النووية وخاصة فيما يتعلق بأبحاث وصناعة دورات الوقود النووى ٠

٢ - فرنسا :

بدأ البرنامج النووى الفرنسى بمفاعلات اليورانيوم الطبيعى التى تبرد بالغاز وتستخدم الجرافيت كمهدىء شأنهـا فى ذلك شأن المملكة المتحدة ولكن بحجم أصغر ٠

ومرت صناعة الطاقة النووية الفرنسية ـ كما فعلت البريطانية ـ بنفس مرحلة « المشكلة الابدية لاختيار مستقبل نظم المفاعلات » ولكن مع اختلاف النتائج فقد كان التحول الى صناعة مفاعلات الماء الخفيف فى منتصف الستينات من هذا القرن وتكونت مجموعة من رجال الصناعة أطلقت على نفسهـا اسم Framatome لصناعة مفـاعلات الماء المضغوط بتصريح من شركة وستنجهاوس الأمريكية ٠

وعند نشوء أزمة النفط بالشرق الأوسط كانت امكانات التصميم والصناعة والتركيب من القوة بحيث مكنت الحكومة من اعتماد برنامج لبناء محطات القوى النووية للتخفيف من اعتماد البلاد على البترول المستورد ٠ ومن ثم أصبح لفرنسا برنامج للطاقة النووية يضعهـا فى مقدمة الدول الغربية فى هذا المضمار ٠

وأجريت فعلا تعاقدات لبناء محطات بمعدل ٥٠٠٠ (خمسة آلاف) ميجاوات كهربى سنويا بهدف تغطية ٤٠٪ من انتاج الكهرباء بالطاقة النووية عام ١٩٨٥ ٠

واللافت للنظر فى البرنامـج النووى الفرنسى هو الأخـذ بنظام « تصميم الوحدة المعيارية أو الجاهزة » اعتمادا على التصور الأمريكى والذى أثبت نجاحه ٠

ولقد استفاد الفرنسيون أقصى استفادة من تركيب أربعة مفاعلات متماثلة من مفاعلات الماء المضغوط ـ تركب على مراحل زمنية ـ فى كل محطة قوى فى أنحاء البلاد وأمكن من خلال تنافس ادارات المشاريع ان تختصر فترة التركيبات الى خمسة أعوام ونصف العام فقط ٠

وعلى الرغم من هذا فقد وجهت انتقادات لما تم انجازه باعتبار انه يمكن اختصار فترة زمنية تتراوح ما بين ثمانية عشر الى أربعة وعشرين شهرا ٠

ويجب أن ننوه هنا الى ان أحداث ايران ــ والتى بدأت أواخر عام ١٩٧٨ قد أثرت بالسلب على هذا البرنامج حيث ألغت عقودا لبناء أربع وحدات مما جعل الفرنسيين يتخوفون من تصدير مفاعلات الطاقة النووية ويعتبرونها مغامرة مالية كبيرة ٠

وقد يتساءل الفرد هنا « هل هنالك علاقة بين الغاء هذه العقود وضرب المفاعل النووى بالعراق بعد ذلك » ؟ ٠

وبجانب اختيار تصميم معيارى (وحدات جاهزة) لانتاج محطات قوى على نطاق تجار فقد توجهت الاهتمامات البحثية فى فرنسا لتنفيذ برنامج مواز لتطوير مفاعل التوالد السريع ٠ وفعلا تم انشاء مفاعل تجريبى « مفاعل فينكس » ذى قدرة تصميمية ٢٥٠ ميجاوات كهربى ويعمل منذ عام ١٩٧٣ بكفاءة ونجاح أكثر من نظائره فى كل من المملكة المتحدة والاتحاد السوفيتى ٠

ولا شك فان الدروس المستفادة من انشاء هذا المفاعل كان لها أثرها الايجابى عند تصميم المفاعل الفرنسى « سوبر فينكس » والذى تعتزم فرنسا انتاجه على نطاق تجارى وبسعة تصميمية ١٢٠٠ ميجاوات كهربى والذى تخطط لبدء تشغيله خلال عام ١٩٨٣ ٠

ويتوقع ان تكون تكلفة توليد الطاقة الكهربائية من مفاعلات « سوبر فينكس » بشكل عام مماثلة للتكلفة من محطات المازوت والفحم بفرنسا الا انها ما زالت عالية بالنسبة لتكلفة التوليد من محطات مفاعلات الماء المضغوط ٠ وفرنسا تعتبر نفسها ملتزمة ببرنامج مفاعلات التوالد السريع لما تقدمه من مزايا خفض استهلاك اليورانيوم ومما يقلل من المخاطر السياسية التى قد تنجم يوما ما ــ من الاعتماد على السوق العالمى لليورانيوم حيث لا تكفى احتياطيات فرنسا المتواضعة منه لتغطية احتياجاتها المطلوبة فى حالة استخدام المفاعلات الحرارية وعلى العكس من ذلك فيمكن لها أن تحقق اكتفاء ذاتيا من اليورانيوم يكفيها حتى نهاية القرن القادم فى حالة استخدامها مفاعلات التوالد السريع اضافة الى ما سبق فجدير بالذكر ان من ملامح البرنامج النووى الفرنسى هو المضى قدما فى الطريق الوعر ألا وهو طريق تطوير دورات الوقود النووى ٠

٣ ــ المانيا الاتحادية :

على الرغم من تأخر البرنامج النووى لألمانيا الاتحادية عن كل من

فرنسا والمملكة المتحدة نتيجة للقيود التى فرضت عليها بمعاهدات ما بعد الحرب العالمية الثانية الا انها تمكنت من تعويض هذا التأخر الزمنى حتى أن الجودة الفنيــة لصناعة الطــاقة النووية الألمانية لا تقــل عن أى بلد فى العالم • وكان أحد أسباب التقدم الذى أحرزته فى مجال الإنتاج التجارى لهذه الصناعة هو الإستفادة والتعلم من أخطاء الغير • ومن ناحية أخرى حاجة البلاد الملحة لمصدر جديد للطاقة لتدعيم اقتصادى فى مرحلة الستينات من هذا القرن •

وعلى الرغم من أزمة النفط عام ١٩٧٣ وأثرها فى تأخير ـ أو ابطاء ـ معدلات التنمية فى البلاد الا ان المسئولين كانوا يدركون دائما مدى الحاجة الى الطاقة النووية لادارة عجلة اقتصاد البلاد • فباستثناء الفحم وما يتبعه من متاعب فليس لهذه البلاد مصادر محلية أخرى للطاقة •

وعلى العكس من النظام الاقتصادى البريطانى والفرنسى والذى فيهما تمتلك الدولة المؤسسات الانتاجية للطاقة النووية وعددا كبيرا من هيئات الأبحاث والتطوير يسيطر القطاع الخاص فى ألمانيا الاتحادية على مراحل التطوير النووى على كل من مستوى الصــناعة أو مستوى مؤسسات التشغيل • ولكن ليس المقصود من هذا أن نقول ان حكومة ألمانيا الاتحادية أطلقت يد القطاع الخاص فى هذا المجال بل المقصود هو أنه يلعب دورا رئيسيا فى تحديد الاتجاه العــام للبرنامج النووى من خــلال توجيه الاستثمارات اللازمة للتطوير •

وفى البداية قامت أكبر شركتين للكهرباء فى ألمانيا الاتحادية بشراء تراخيص من الشركات الأمريكية لصناعة كل من مفاعلات الماء المضغوط وكذلك مفاعلات الماء المغلى وقامت ببيع عدد من محطات توليد الطاقة النووية باستخدام هذين النوعين وبأسعار منافسة • ثم انبثق منها فيما بعد هيئة واحدة أطلق عليها Kraftwerk Union وقامت بتطوير تصميماتهــا عن التصور الأصلى الأمريكى لمفاعلات الماء المضغوط•وقامت هذه الهيئة الجديدة بتغطية كل احتياجات السوق الألمانى من مفاعلات الماء المضغوط بمتوسط قدرة تصميمية تبلغ ١٣٠٠ ميجاوات كهربى والتى ثبت نجاحها • هذا بالاضافة الى تصنيع مفاعلات الماء المغلى •

وعلى جانب أخر قامت مجموعة صناعية لتنافس الهيئة باشتراك كل من شركة براون بوفير الكهربائية السويسرية وشركة بابكوك اندويلكوكس ثم قامت هذه الأخيرة بعد ذلك ـ ببيع نصيبها الى شركة براون بوفيرى •

ونتيجة للعقبات السياسية داخل ألمانيا الاتحادية ـ ونشوء تيار معارض لتنفيذ البرنامج النووى واللجوء أحيانا الى ساحات القضاء لحل المنازعات بين الاتجاهات المؤيدة وتلك المعارضة للاستخدامات السلمية للطاقة

النووية ـ ان صدر قانون عام ١٩٧٦ يحظر اعطاء تراخيص لأى مؤسسة لتركيب محطات قوى نووية قبل أن تقدم هذه المؤسسة مستنداتها التى تبين كيفية معاملتها للوقود النووى وكيفية التخلص الآمن للنفايات . ولتحقيق هذا الشرط قامت مؤسسات الكهرباء والتى تقوم بتشغيل محطات القوى النووية بالمساهمة فى تأسيس شركة تعرف « بالشركة الألمانية لاعادة استخدام الوقود النووى ويرمز لها بالحروف (DWK) وتقوم هذه الشركة بتخطيط مركز متكامل يقوم بالتخزين المرحلى (المؤقت) للوقود المستهلك وكذلك اعادة تجهيز الوقود النووى على مستوى تجارى . ثم المعاملة النهائية للنفايات النووية ودفنه داخل قبو ملحى مستقر وعلى عمق كاف تحت هذا المركز .

أما بالنسبة لبرامج انتاج مفاعلات التوالد السريع فنتيجة للصراعات السياسية ومناداة بعض الأحزاب بتوجيه الجهد نحو برامج ترشيد الطاقة واستخدام الفحم مع التوسع الحذر فى مجال استخدام الطاقة النووية نتيجة لكل هذه العوامل فقد بدأت المانيا الاتحادية مؤخرا ـ فى أواخر عام ١٩٧٨ ـ باتتاج مفاعل تجريبى قدرته ٣٠٠ ميجاوات كهربى وبتعاون بين البلجيكيين والألمان فى مقاطعة كالكار Kalkar .

٤ ـ السويد :

هنالك امكانيات كبيرة للصناعة النووية فى السويد تعتمد بالأساس على تصميمات ناجحة لمفاعل الماء المغلى وقد تم تطوير هذا النظام مستقلا عن أى تراخيص خارجية وقد حققت السويد نجاحا عالميا بتوفيقها لبيع محطة قوى نووية مكونة من وحدتين الى فنلندا .

وفى عام ١٩٧٥ أقدمت السويد على برنامج نووى طموح يستهدف الوفاء بمتطلبات الطاقة الكهربائية المتزايدة وخاصة وانه قد تم استغلال كل المواقع الملائمة لتوليد الطاقة المائية .

ولكن مع ارتفاع مستوى المعيشة ومعدل استهلاك الفرد من الطاقة كان هناك ـ كما هو الحال فى ألمانيا الاتحادية ـ رد فعل ضد « المجتمع المادى المتزايد » ومن ثم نشوء حركة تعارض التطوير النووى .

وقد أجريت فى السويد ـ نتيجة لصدور قانون مشابه للقانون الألمانى الذى صدر عام ١٩٧٦ ـ دراسات خاصة للتخلص من النفايات المشعة واهتدت الى خطة تعتمد على تقرير النفايات داخل قوارير زجاجية والتى قد تمضى ٣٥٠٠ سنة قبل ان تتحلل . ثم تغلف القوارير الزجاجية داخل

كابسولة مكونة من التيتانيوم والرصاص والتى يمكنها ان تظل متماسكة لبضعة آلاف من السنين · تم توضع الكابسولة داخل طبقة حاجزة (واقية) من الخرسانة وهذه يمكنها ان تظل متماسكة لعشرات الآلاف من السنين وأخيرا تدفن على عمق كبير فى أرضية فى منطقة من صخور الجرانيت ·

٥ ـ ايطاليـــا :

اعترف معظم المخططين الايطاليين بحتمية الطاقة النووية كما أكدت ذلك مرارا مؤسسة الكهرباء والتى تمتلكها الحكومة · فالبلاد ليس لها موارد محلية من مصادر الطاقة الأولية باستثناء مصادر كهرومائية محدودة فى شمال البلاد مع بعض المصادر للطاقة غير التقليدية من حرارة بطن الأرض Geothermal Energy فى وسط شبه الجزيرة الايطالية ولكن المتاعب السياسية كذلك منعت تنفيذ برنامج نووى طويل الأجل ·

وفى أواسط الستينات كان ترتيب ايطاليا الثالث بعد كل من المملكة المتحدة وفرنسا فى انتاج الكهرباء بالطاقة النووية وكان لها ثلاث محطات نووية لتوليد الطاقة الأولى تستخدم مفاعلات تبرد بالغاز والثانية تستخدم مفاعلات الماء المضغوط أما الثالثة فتستخدم مفاعلات الماء المغلى ثم تم بعد ذلك بناء محطة رابعة تستخدم مفاعلات الماء المغلى وبدأ انتاجها فعلا عام ١٩٧٧ وكانت آخر محاولة لوضع برنامج نووى قومى طويل الأجل وجاز موافقة البرلمان الايطالى كان فى أواخر عام ١٩٧٧ وهذا البرنامج يخطط لانشاء محطات قوى نووية يبلغ اجمالى سعتها ١٢١٠٠ ميجاوات كهربى من مفاعلات الماء الخفيف بحيث يبدأ انتاجها خـلال الثمانينات ويضاف اليها مفاعلان للماء الثقيل تبلغ سعة كل منهما ٦٠٠ ميجاوات كهربى ومثل ايطاليا مثل بقية مجموعة دول غرب أوروبا فقد قامت معارضـة عنيفة ضد البرامج النووية ولكن على الرغم من الحالة المشوشة ـ أو غير المنتظمة ـ للبرنامج القومى للطاقة الا ان هيئات ومؤسســات البحوث والتطوير وكذلك رجال الصناعة الايطالية قد قاموا بمجهود مكثف فى مجال التكنولوجيا النووية وكان ذلك ـ الى حد كبير ـ من خلال المساهمة فى عدد من المشروعات متعددة الجنسية وعلى وجه الخصـــوص مشروع « سوبر فينكس » الفرنسى لمفاعل التوالد ·

السريع وكذلك محطة ايروديف لعمليات اثراء اليورانيوم فى فرنسا وكذا من خلال امداد المكونات الأساسية لمحطات القوى النووية فى بلاد أخرى ·

٦ ـ فلنـــدا :

دخلت فنلندا مجال الطاقة النووية بمفاعلين من نوع الماء المضغوط قام بتوريدهما الاتحاد السوفيتي بشروط مالية ميسرة وقد صممت المحطات طبقـــا لفلسفة الأمان الغـــــربية أى ان كل مفــــاعل له مبنى حاو Containment Building وفقـــا للتصميم الأمريـــكى • وكذلك تتضمن المحطة عددا كبيرا من المكونات المصنعة داخل فنلندا وبلاد أوربية غربية وتقوم بادارة المحطة مؤسسة حكومية •

وقد تم بناء محطـة ثانية لمؤسسة قطاع خاص بها مفاعلان من نوع الماء المغلى قامت بتوريدها السويد وهذه تعمل حاليا •

وعلى الرغم مما يجرى فى الوقت الحالى ليس هنـالك حاجة ملحـة للتوسع فى البرنامج النووى فى فنلندا وذلك لانخفاض معدل الزيادة فى الطلب على الطاقة الكهربائية الا انه يجرى حاليا دراسة شراء مفاعل سوفيتي قدرته ١٠٠٠ ميجاوات كهربى كما انه يوجد اهتمام بمشروعات الطاقة النووية لأغراض التسخين وذلك للتخفيف من الاعتماد على البترول المستورد •

٧ ـ هولندا والدانمارك والنرويج :

تشترك هذه البلاد فى انها كانت تعانى مما يسمى « بفترة اعاقة لاتخاذ قرار رسمى » لانشاء محطات للطاقة النووية فهولندا مثلا قامت بتركيب مفاعل تجريبى صغير وآخر تجـــارى قامت بتوريدهما ألمانيا الاتحادية والمفاعلان يعملان حاليا بصورة مرضية ولكن هناك مقترحات بانشاء أربعة مفاعلات أخرى قدرة كل منها ١٠٠٠ ميجاوات كهربى كانت دائما توضع على الرف خلال السنوات القليلة الماضية •

كذلك الحال بالنسبة للدانمارك فقد أجلت أكثر من مرة اتخاذ قرار بشأن مقترحات لبناء أول محطة نووية بها على الرغم من وضعها الحاد والمبنى أساسا على استيراد الطاقة • وفى النرويج فان اكتشــــاف البترول تحت سطح البحر فى المياه الاقليمية للنرويج جعل الحكومة تصرف النظر عن اتخاذ قرار بشأن ادخال الطاقة النووية فى البلاد ولكن الدراسات البعيدة المدى أشارت الى الميل بشكل عام لاستخدام الطاقة النووية فى توليد الكهرباء •

٨ ـ بلجيـــكا :

على الرغم من الحاجة الى الاستقرار الحكومى فى بلجيكا والذى كان

له أثره السلبى على برامج الطاقة النووية فيها الا أنه ــ وعلى النقيض من ايطاليا ــ استطاعت المؤسسات الصناعية الخاصة من الاندفاع قدما لانشاء محطات قوى نووية حتى ليقال انه حاليا تغطى الطاقة النووية نسبه عالية من احتياجات الكهرباء فيها وهذه النسبه تفرق أى بلد اخر فى العالم · وعلى الرغم من أن هنالك بعض المعارضة لانتاج الطاقة النووية الا انه يبدو ان السائد هو قبول الشعب بحتميتها · وبلجيكا ليس لها موارد محلية من الطاقة ويحظى البرنامج القومى للطاقة والذى يتضمن التوسع فى استخدام الطاقة النووية ــ بتأييد معظم رجال السياسة فى الحكومة ولكن العقبة الرئيسية فى تنفيذ البرنامج هى عدم توافر المواقع المناسبة لانشاء هذه المحطات فبجانب ان بلجيكا ذات كثافة سكانية عالية جدا الا انها تفتقر الى الانهار · فليس فيها الا عدد قليل والتى يمكن ان تفى باحتياجات مياه التبريد كما انه ليس لها سوى شريط ساحلى قصير جدا · **ومع ذلك فهنالك امكانية واحدة تحظى بالاهتمام وهى اختيار مواقع للمحطات النووية داخل جزر صناعية تنشأ داخل المياه الساحلية الضحلة ·**

٩ ــ أسبانيا :

اقدمت اسبانيا ــ فى اوائل السبعينيات ــ على برنامج طموح لاستخدامات الطاقة النووية يستهدف تغطيه جزء كبير من احتياجات البلاد المتزايده من الطاقة الكهربائيه وبالاصرار على زيادة النسبة المئويه من المكونات الاسبانية عند اجراء تعاقدات المحطات النووية مع الشركات الامريكية والألمانية فتقوم البلاد ببناء قدرتها الذاتيه من الهندسه النووية · وعلى الرغم من الركود النسبى فى عمليات انشاء المحطات النووية خلال عامى ١٩٧٨ ، ١٩٧٩ ، نتيجة لانخفاض نسبة الطلب على الطاقة الكهربائية الا انه مازال البرنامج النووى يحظى بتأييد السياسيين فى البلاد ·

لكن اسبانيا تعانى كذلك من المعارضة بل المظاهرات العنيفه ضد برامج الطاقة النووية

والأعمال الرهيبة ضد مؤسساتها والتى تتسبب فى حوادث وفاة واصابات كثيرة أو أضرار خطيرة والتى كانت وراءها دائما حركة المعارضة والتى كان يحرص عليها أعضاء حركة اقليم الباسك الانفصالية ·

١٠ ــ ايرلندا :

تعتبر جمهورية أيرلندا من أسرع دول أوربا الغربية من حيث معدل

النمو الاقتصادى فيها . وتأخذ الحكومة فى عين الاعتبار كيفية مواجهة الزيادة الكبيرة فى الطلب على الطاقة الكهربائية فيستخدم الفحم المستورد لادارة محطتين جديدتين الا انه يوجد حاليا فى الخطة تنفيذ أول مشروع لبناء محطة قوى قدرتها ٦٠٠ ميجاوات كهربى .

١١ - سويسرا :

هنالك معارضة داخلية لاستمرار تشغيل المحطات النووية الثلاثة القائمة أصلا والتى عملت بصورة طيبة خلال الأعوام الماضية من نشأتها .

ثانيا : الطاقة النووية فى اوربا الشرقية

قام الاتحاد السوفيتى ودول الكتلة الشرقية بوضع مخطط لبرنامج نووى من الضخامة بحيث تشكك المراقبون فى امكانية تحقيقه . فالمستهدف من هذا البرنامج هو انشاء محطات يصل مجموع قدراتها الى ١٥٠ جيجا وات عام ١٩٩٠ ويمكن تقييم مدى طموح هذا البرنامج قياسا على الهدف السابق وهو انشاء محطات يصل مجموع قدراتها الى ٣٠ جيجا وات عام ١٩٨٠ . أما اجمالى المحطات العاملة وحتى عام ١٩٧٩ فحوالى ١٦ ميجاوات .

وقد اعتمدت خطة لانشاء محطات يبلغ مجموع سعاتها ١٥٠ جيجا وات بعد اجتماع المجلس الأوربى الشرقى للمساعدات الاقتصادية فى يونيو ١٩٧٩ . وهذا المجلس يتكون من كل من الاتحاد السوفيتى - المانيا الديمقراطية - بلغاريا - المجر - تشيكوسلوفاكيا - رومانيا - يوغوسلافيا - بولندا - كوبا . وقد تمكن هذا المجلس من الوصول الى قرارات سياسية صارمة لوضع أهداف لبرامج الطاقة . هذا وقد عقد احتماع مماثل للقوى الغربية المتقدمة فى طوكيو فى مايو ١٩٧٩ وأمكن تحقيق بعض التقدم بالنسبة للحد من استيراد البترول ولكن دون ذكر للطاقة النووية .

والتوسع المقترح لدول الكتلة الشرقية جاء فى وقت كان الاتحاد السوفيتى - وهو يعتبر المصدر الرئيسى للطاقة لدول هذه الكتلة - يقوم بترشيد استهلاك البترول والغاز الطبيعى لاستغلالهما لاغراض اخرى غير أغراض توليد الطاقة الكهربائية . وكان الدافع ليس للتغلب على النقص فى مصادر الوقود الحفرى ولكن كذلك لخفض تكاليف الطاقة .

ويقدر السوفيت أنه بالامكان توليد طاقة نووية بتكلفة تقل من ١٥٪ الى ٢٠ ٪ عنها بالوقود الحفرى .

الاستراتيجية الشرقية فى تصميمات التكنولوجيا النووية :

تتقدم تكنولوجيا الطاقة النووية فى الكتلة الشرقية باتباع طريق مختلف عن باقى دول اوربا وأمريكا الشمالية . فلقد قام الاتحاد السوفيتى ـ بصفته قائدا لهذه المجموعة ـ بتأكيد هده الملامح فى تصميم وتطبيق المفاعلات وهى بايجاز :

١ ـ أن يسمح تصميم المفاعل باعادة تغذية جزء منه بالوقود النووى مع استمرار الجزءالباقى من المفاعل فى العمل . بينما نجد فى التصميمات الغربية يلزم ايقاف المفاعل لحين اعادة تغذيته بالوقود ثانية .

٢ ـ وضع تصميم معيارى (الوحدة المتكاملة الجاهزة) لمفاعل الماء المضغوط من شأنه تبسيط خط التجميع الانتاجى للمكونات .

فى الولايات المتحدة الأمريكية توجد عدة تصميمات ـ وليس تصميما معياريا واحدا لمفاعلات الماء المضغوط .

٣ ـ التعجيل لانشاء مفاعلات التوالد السريع . ويوجد حاليا مفاعلات من هذا النوع وقدرة كل منها ٦٠٠ ميجاوات . ويجرى تصميم مفاعلات قدرة كل منها ١٦٠٠ ميجاوات وهذا يفوق قدرة المفاعل الفرنسى والذى يجرى انشاؤه بقدرة ١٢٠٠ م . و .

٤ ـ الاستغلال المتزايد للقدرة الحارجية لأغراض التسخين فى المصانع والمساكن بينما فى الدول الغربية معظم الطاقة النووية تستغل لأغراض توليد الكهرباء .

دورة اعادة استخدام الوقود بالطريقة الشرقية :

يوجد داخل دول الكتلة الشرقية ما يقدر بحوالى من ٢٠٪ الى ٣٠٪ من مصادر اليورانيوم العالمية فيستقدم خام اليورانيوم من تشيكوسلوفاكيا وتجرى عليه عمليات التشغيل حتى الوصول الى مرحلة التركيز قبل نقله الى الاتحاد السوفيتى ولا نعلم الا القليل عن الوسائل السوفيتية لدورة اعادة استخدام الوقود النووى سوى انها توجد فعلا وعلى نطاق كبير بالاتحاد السوفيتى وهو المصدر الوحيد لليورانيوم الغنى لكل دول الكتلة الشرقية علاوة على تصديره الى دول اخرى بما فيها المانيا الاتحادية وفرنسا وباسعار اقل مما تعرضه وزارة الطاقة الامريكية .

والجدير بالذكر ان السوفيت دائما يطلبون من عملائهم اعادة الوقود المستهلك داخل محطات القوى النووية ثم يستخدمون مفاعلات خاصة

يطلق عليها مفاعلات VVER لاعادة دورة الوقود ثانية ومن ثم يتمكنون من احكام قبضتهم على المواد النووية ·

وهناك تعاون متزايد بين دول الكتلة الشرقية فى مجال انشاء المفاعلات فى المحطات النووية وكذا فى مجال تبادلات الطاقة الكهربائية · فداخل معسكر دول الكتلة الشرقية تبنى محطات القوى النووية بمفاعلات VVER — 440 (أى قدرة كل منها ٤٤٠ ملجاوات) والتى يقوم السوفيت بالمساعدة فى بنائها داخل دول هذا المعسكر

صور للجهود المشتركة فى مجالات الطاقة داخل معسكر الدول الشرقية :

أولا : فى مجال الطاقة النووية :

فى هذا المضمار قامت دول معسكر الدول الشرقية فيما بينها بتكوين اتحادات مثل :

١ ـ اتحاد للاجهزة النووية يقوم باجراء عمليات الصيانة والتطوير لأجهزة القياس ـ والتحكم لدول المعسكر · وهنالك مشاريع مشتركة بين هذه الدول للتطوير التكنولوجى تشمل :

ـ فيزياء محطات VVER

ـ تحسينات واعادة استخدام وقود هذه المفاعلات

ـ تحسين كفاءة الاجهزة

ـ تكنيك أخذ العينات وتحليلها

ـ تطوير وسائل اعادة استخدام الوقود داخل مفاعلات التوالد السريع ·

٢ ـ مجموعات عمل مشتركة لدراسة وسائل التخلص من النفايات النووية ومعالجتها ·

٣ ـ مجلس ادارة للامان من أخطار الاشعاعات ويشمل عمله :

ـ المراقبة والسيطرة ووضع المقاييس المعيارية للازمة ·

ـ وضع قواعد ومعايير مشتركة لنقل الوقود المستهلك وتتضمن هذه تصميمات وسائل النقل نفسها ·

٤ ـ اتخذت تشيكوسلوفاكيا طريقا بعيدا نسبيا عن طريق الكتلة الشرقية فى هذا المجال فيقوم مصنعان هما « اتوماذا فولولجودونسك »

ومصنع « سكودا » بامداد المهمات اللازمة لمفاعلات VVER — 440 وبحلول عام ١٩٨١ أصبحت تشيكوسلوفاكيا قادرة على امداد معدات التحكم والسيطرة · وكذلك مهمات الدوائر الاولية لهذا المفاعلات وبطاقة انتاجية خمس مجموعات كاملة كل سنة هذا الى جانب مشاركة تشيكوسلوفاكيا مع كل من الاتحاد السوفيتي وبولندا والمجر في مشروع بناء محطة طاقة نووية بقدرة ٤٠٠٠ ميجا وات بولاية او كرانيا السوفيتية · هذا الى جانب قيامها بتصميم وتصنيع عدة نماذج (موديلات) لمولدات البخار لحساب البرنامج السوفيتي لبناء مفاعل التوالد السريع ·

٥ — على الرغم من آن دول المعسكر الشرقي تبنى برامجها للطاقة النووية اعتمادا على مفاعلات الماء المضغوط السوفيتية الصنع الا أن :

- رومانيا توصلت في الاعوام القليلة الماضية الى اتفاق مع كندا لتركيب أربع مفاعلات قدرة كل منها ٦٠٠ ميجاوات من طراز « كندو » التي تستخدم الماء الثقيل واليورانيوم الطبيعي ·
- يوغوسلافيا تقوم بشراء مفاعل الماء المضغوط بقدرة ٦٣٠ ميجاوات من شركة وستنجهاوس الأمريكية ·

ثانيا في مجال الطاقة الكهربائية :

يعتبر التعاون بين دول الكتلة الشرقية في مجال محطات الطاقة النووية جزءا من خطة شاملة للتعاون في مجال انتاج وتبادل الطاقة الكهربائية · وفي هذا المضمار :

١ — تم انشاء شبكات لربط دول هذا المعسكر داخل أوربا الشرقية بجهود كهربية ١١٠ — ٢٢٠ — ٤٤٠ كيلو فولت · وتطور حجم هذه الشبكة من ٢٥٣٠٠ ميجاوات عام ١٩٦٢ الى ٤٤٠٠٠ ميجاوات عام ١٩٧١ ثم الى ١٦٠ر٠٠٠ ميجاوات عام ١٩٨٠ ·

٢ — تقوم دول المعسكر حاليا بتطوير شبكات النقل لرفع الجهد الكهربي الى ٧٥٠ كيلو فولت وتقوم في المرحلة الأولى (عام ١٩٨٠) بالربط بين مدينة فينتسا بغرب مقاطعة أوكرانيا السوفيتية ومدينة البرترسا المجرية ·

٣ — التخطيط لبناء محطات طاقة نووية ضخمة بغرب اواكرانيا السوفيتية أساسا لتصدير الطاقة لدول المعسكر · فستقوم محطات « كونستا تينوفسكايا » « وخميانيتسكي » بتصدير نصف انتاجهما من

الطاقة الكهربائية الى كل من بلغاريا – المجر – بولندا – رومانيا – وتشيكوسلوفاكيا ٠

٤ – ستقوم شبكة الربط بمهمة تصدير حوالى ٤٠٠٠ جيجاوات ساعة سنويا من المحطة النووية فى مدينة لينينجراد السوفيتية الى فنلندا ٠

كما ترتبط الشبكة بالنمسا عن طريق المجر ٠

أنواع المفاعلات النووية بالمعسكر الشرقى :

قام الاتحاد السوفيتي كشريك أساسى وكرائد هذه المجموعة بتطوير قدرات الطاقو النوويو خلال حوالى تلاتين عاما اتبع فيها آربعة خطوط رئيسية هى :

- مفاعلات مواسير الضغط ٠
- مفاعلات الماء المضغوط ٠
- مفاعلات الوالد السريع ٠
- المفاعلات الحرارية ٠

أولا : مفاعلات مواسير الضغط :

وهذا النوع من المفاعلات – والذى بدأ تشغيله فى يونيو ١٩٥٤ – يماثل مفاعلا بريطانيا توقف انتاجه حاليا – الا أن المفاعل السافيتى يستخدم الجرافيت كمهدىء بينما كان المفاعل البريطانى يستخدم الماء التقيل كمهدىء ٠

والوقود المستخدم فى هذا المفاعل هو « اليورانيوم الغنى بنسبة منخفضة » وتم تشغيل المفاعل الثانى فى هذه السلسلة وهو مفاعل محطة « تروتيسك » بقدرة ٦٠٠ ميجاوات عام ١٩٥٨ ٠

وتتميز المفاعلات بتصميمها بنظام الجزء المتكامل والمستقل « والذى يعتمد على امكانية تغذية جزء من المفاعل – أو دائرة منفصلة منه – بالوقود دون الحاجة الى ايقافه وهذا التصميم يسمح ببناء وحدات لتكوين مفاعل أكبر وبشكل تدريجى فنرى مثلا سلسلة « بيلويارسك » (١٠٠ ميجاوات وانتج عام ١٩٦٤) – بيلويارسك – ٢ (٢٠٠ ميجاوات وانتج عام ١٩٦٧) ثم مفاعل (RBMK-1000) بتصميم عيارى ١٠٠٠ ميجاوات (انتج عام ١٩٧٣) ويستخدم لادارة ٢ توربين قدرة كل منها ٥٠٠ ميجاوات ٠

- وقام الاتحاد السوفيتي حاليا ببناء مفاعلين من سلسلة RBMK قدرة كل منهما ١٥٠٠ ميجاوات بمقاطعة ليتوانيا ويستخدم المفاعل لادارة ٢ توربين قدرة كل منهما ٧٥٠ ميجاوات ليبدأ انتاجها في أوائل الثمانينات · هذا الى جانب مفاعلين آخرين يخطط لانشائهما بنفس المحطة ليصير اجمالى قدرتها ٦٠٠٠ ميجاوات في موقع واحد ولكن يجب ان نذكر هنا ان الاتحاد السوفيتي هو الذى انفرد وحده ببناء مفاعلات مواسير الضغط ولم يقم بانشائها خارج حدوده ·

ثانيا : مفاعلات الماء المضغوط :

كانت أول محطة تستخدم مفاعلا للماء المضغوط سداسية من طراز VVER-1 وقدرتها ٢٨٠ ميجاوات وبدأ تشغيلها عام ١٩٦٤ في مدينة « نوفوفورونيز » ثم تطور التصميم الى طرازات متقدمة مثل Novovoronezh-2 و VVER - 2 بسعة تصميمية ٣٦٥ ميجاوات عام ١٩٦٩ ثم Novovoronezh-3 و VVER-3 بسعة تصميمة ٤٤٠ ميجاوات عام ١٩٧١ اتم اختيار هذه المحطة ذات سعة ٤٤٠ ميجاوات كأول محطة معيارية ثم أعقب ذلك بناء سلسلة من هذه المحطات وهي :

- Novovoronezh-4 عام ١٩٧٢
- Kola-1 عام ١٩٧٣
- Kola-2 عام ١٩٧٤
- Oktemberjan-1 في ارمنيا عام ١٩٧٦
- Oktemberjan-2 عام ١٩٨٠
- Rovno 1, 2 أعوام ١٩٧٩ ، ١٩٨٠
- Kola 3, 4 أعوام ١٩٧٩ ، ١٩٨٠

كما أصبحت محطات VVER-440 هى المحطات المعيارية المعدة للتصدير وتم بناؤها فى كل من بلغاريا ــ ألمانيا الديمقراطية ــ تشيكوسلوفاكيا ــ المجر ·

وقد تم تصدير محطتين من هذا التصميم الى فنلندا وكذلك تم بناء محطة منها فى تركيا ويخطط لبناء محطة منها فى كوبا ·

ومعظم مفاعلات (VVER - 440) لها ٦ حلقات أولية تزود كل منها بمولد البخار الخاص بها وكل مفاعل مزود بعدد ٢ توربين قدرة كل منها ٢٢٠ ميجاوات ·

أما المفاعل الثانى من طراز BOR-60 وهو مفاعل حرارى ذو قدرة تصميمية ٦٠ ميجاوات فتم تركيبه وتشغيله فى مدينة ديمتروفجراد عام ١٩٦٩ ويستخدم كذلك لأغراض التجارب على كل من عناصر الوقود ـ مواد التبطين ـ والمكونات بشكل عام بما فيها مولدات البخار « الصوديوم ـ مائية » من مختلف التصـميمات والتى تنقل الحرارة من الصوديوم الى الماء ٠

وقد أدى هذا العمل المبكر الى تصميم وبدء تشغيل أول مفاعل توالد سريع صناعى من طراز BN-350 فى مدينه شيفشنكو عام ١٩٧٣ بقدرة حرارية ١٠٠٠ ميجاوات ٠

وهذا المفاعل مزود بتوربين صغط حلقى باستخدام البخار (بدلا من تكثيفه) فى محطة لتحلية المياه من بحر قزوين لتنتج ١٢٠٫٠٠٠ متر مكعب من المـاء العذب يوميا وفى نفس الوقت تولد طـاقة كهربائية بمعدل ١٥٠ ميجاوات ٠

والحقيقة فان سنوات التشغيل الأولى نكبت فيها مفاعلات BN-350 بكثرة أعطال الغلايات البخارية نتيجة لعيوب فى صناعتها الى الدرجة التى لم يمكن فيها تحميل المفاعل بأكثر من ٣٠٪ فقط من قدرته التصميمية ٠ ثم ارتفع هذا الرقم تدريجيا مع اجراء الاصلاحات اللازمة ٠

ورغم الأعطال فى المولدات البخارية فقد كان لها جانب ايجابى وهو اكتساب الخبرة فى عمليات الاصلاح والتى تنطوى على عمليـات قطع مواسير الصوديوم واجراء عمليات التنظيف داخل مولدات البخار والدوائر الحرارية (الصوديوم ـ مائية) وكذا التعامل مع نواتج تفاعلات الصوديوم مع الهواء ٠ كل ذلك أعطى ثقة للعاملين فى هذه المفاعلات للتقدم صوب المرحلة التالية وهى مرحلة المفاعل BN-600 والذى تصل قدرته التصميمية الى ١٤٧٠ ميجاوات والذى تم انشـاؤه فى مدينة « بيلويارسك » وانتهى العمل منه عام ١٩٨٠ فى هذا المفاعل وهناك بعض المكونات هى نفسها مكونات المفاعل BN-350 ولكن بطبيعة الحال تم استبدال الدوائر الستة لمولدات البخار) والتى تركزت فيها أساسا الأعطال لعيوب فى التصميمات كما ذكرنا آنفـا) بأخرى بما يسمى بالتصميم الوعائى Pot Design وفى هذا التصميم تطمس (تغمس) مجموعة : قلب المفاعل بأكمله ـ مضخات الصـوديوم وكذا المبادلات الحرارية ـ داخل خزان ضخم من الصوديوم للتبريد ٠

وهذا التصميم يمـاثل مفـاعل التوالد السريع التجريبى والذى

أقيم فى مدينة « دونرى » بالمملكة المتحدة بسعة ٢٥٠ ميجاوات وكذا كل من مفاعلى « فينكس » و « سوبر فينكس » ١٢٠٠ ميجاوات الفرنسيين .

ويقوم السوفييت بتصميم مفاعل أكبر من طراز BN-1600 والمأمول ان يكون له خواص أفضل مع درجة اعتمادية أكبر ويكون أكثر اقتصادا من حيث التصنيع على نطاق تجارى .

هذا وقد صرح رئيس الاكاديمية العلمية السوفيتية البروفيسور « اناتولى الكسندروف » بأنه سوف يكون ممكنا تخفيض زمن التضاعف Doubling Time للوقود داخل هذا المفاعل الى أقل من ستة أعوام .

ملحوظـــــة :

زمن التضاعف هو الزمن الذى خلاله يمكن لمفاعل التوالد السريع انتاج كمية من الوقود تعادل ما يستهلكه ويعتبر زمن التضاعف معيارا لمدى اقتصادية مفاعل التوالد السريع .

وتطوير الوقود داخل مفاعلات التوالد السريع يعتمد على أكسيد اليورانيوم (أو أكسيد الوقود المستخدم) والذى فيه يحترق ١٠٪ من الذرات الثقيلة ويتحقق ذلك مع تعطل عنصر وقود واحد فعلى سبيل المثال المفاعل ذو سعة تصميمية ١٠٠٠ ميجاوات له حوالى ٤٠٠٠ عنصر وقود تقريبـا .

هذا وقد تم دراسة أنواع أخرى من مركبات الوقود مثل « الكاربيد » و « النيتريد » مع اجراء اختبارات على نطاق واسع لكاربيد الوقود الذى يبطن الصلب للوصول الى نسبة احتراق تعادل ٦٪ .

وطورت عملية استخدام الوقود بطريقة مائية تسمى « بوركس » وأمكن تقصير فترات التبريد الى ستة شهور فقط ويجرى دراسة التبريد بتكنولوجيا جديدة تستخدم الفلورين مع الأملاح المنصهرة بأمل تقصير فترة التبريد من ٣ الى ٦ شهور فقط .

وهذه الدراسـات يقوم بها حاليـا معهد بحوث المفاعلات الذرية بمدينة « ديمتروفجراد » وعلى الرغم من ان الارتكاز الأساسى للجهـود السوفيتية فى مجال مفاعلات التوالد السريع على استخدام الصـوديوم كمبرد الا انه تجرى دراسات استخدام الغاز كذلك مثل الهيليوم ــ ورابع أكسيد النتروجين المتحلل ن٢ أ٤ ــــ ٢ ن أ٢ فعند استخدام هذا الأخير

كمبرد غازى داخل المفاعل فان هذا الغاز يتكاثف داخل التوربين مما يساعد على تبريده · ومزايا هذه الطريقة فى تبريد التوربينات هى : ـ

ـ ان المبرد ذو سعة حرارية كبيرة ·

ـ عدد المراحل للتوربين عند الطرف الخلفى اللازم أقل ·

ـ عملية الاشعاع تكون أكثر استقرارا ·

ـ نشاط تفاعلى أكثر هدوءا ومن ثم يبشر بالأمل للوصول الى « زمن تضاعف » أقل ·

ويجرى حاليا بناء مفاعل تجريبى يبرد برابع أكسيد النتروجين فى الاتحاد السوفيتى ·

رابعا : المفاعلات الحرارية :

يبدى السوفيت اهتماما خاصا باستغلال الحرارة الناتجة داخل المفاعلات النووية فى العمليات الكيماوية وكذلك أعمال التسخين والتدفئة المركزية هذا بطبيعة الحال الى جانب توليد الكهرباء الا انه فى الاتحاد السوفيتى تستخدم ٢٥٪ فقط لهذا الغرض الأخير و ٧٥٪ للتسخين ·

وفى هذا المجال اتخذ خطوة أولى لبناء اربعة مفاعلات صغيرة من نوع الماء الخفيف ـ مع استخدام الجرافيت كمهدىء وقدرة كل منها ١٢ ميجاوات وذلك فى مدينة « بيليبين » ـ بشمال سيبيريا حيث يقصد من كل توربين كمية من البخار بمعدل حرارى ٢٥ جيجا كالورى فى الساعة لأغراض التسخين فى المستعمرة المحيطة بالمحطة ·

وكما ذكر سابقا فان مفاعل التوالد السريع من طراز BN-350 يستخدم لتحلية المياه ويمد المنطقة المجاورة له بالماء العذب ·

كما تم تصميم مفاعلات « حرارية وقوى » أخرى تأسيسا على مفاعل الماء المغلى ومنها مفاعل BK-50 الذى بدأ تشغيله منذ عام ١٩٦٥ فى مدينة « ديمتروفجراد » كما يجرى بناء مفاعل « حرارة وقوى » صغير بالقرب من مدينة اوديسا السوفيتية على البحر الأسود ·

ويجرى تطوير مفاعلات للحرارة فقط باستخدام مبردات عضوية لانتاج ماء ساخن بدرجة حرارة ١٥٠ درجة مئوية · وبقدرة حرارية ١٥ ميجاوات وسوف تبنى الوحدات الأولى من هذا المفاعل فى مدينتى « جوركى » و « فورونيز » وتعد خطط حاليا لبناء عدد من هذه المفاعلات الحرارية فى المدن الرئيسية بالاتحاد السوفيتى خلال الثمانينيات ·

الطاقة النووية فى اليابان :

كان لحادث المفاعل التابى بمحطه ثرى مايلر ايلاند بولايه بنسلفانيا الأمريكية عميق الأثر لدى اليابانيين حيث ابدى المسئولون اليابانيون اهتماما كبيرا بهذا الحادث منذ وقوعه وأخذت الحكومة والمؤسسات اليابانية تتابع احداثه وتحليلاته لاخذ العبره منه ولعل من أكبر المآسى التى نتجت من توالد الشعور بالخوف لدى اليابانيين من مثل هذه الحوادث ان قررت ايقاف جميع مفاعلات الماء المضغوط بأنحاء اليابان علما بانه ـ حتى فى الولايات المتحدة الأمريكية ـ فان لجنة الأمان النووى NRCأمرت بايقاف مفاعلات الماء المضغوط صناعة « بابكوك اندويلكوكس » فقط ولكن اليابانيين نظروا للأمر نظرة أخرى باعتبار ذلك اجراء ضروريا وذلك على الرغم من ان جميع المفاعلات اليابانية لها تصميم يخالف تصميم مفاعلات « ثرى مايلز أيلاند » بل لقد ذهبت الحكومة اليابانية الى أبعد من ذلك بل طلبت من المتخصصين باعداد دراسات عاجلة عما يجب عمله لو حدث مثل ذلك الحادث فى اليابان وقامت وكالة « الطاقة والمصادر الطبيعية التابعة لوزارة التجارة الدولية والصناعية اليابانية باعداد هذه الدراسات وتلقت لجنة الأمان النووى اليابانية تقريرا كاملا بالدراسة واقتنعت هذه الوكالات خلال فترة قصيرة ـ بسلامة المحطات اليابانية العاملة (الشغالة)٠

ومن ثم أعيد تشغيل المحطات النووية بها وان تطلب الأمر اجراء بعض التعديلات فى نظم الانذار والوقاية لنظم تبريد قلب المفاعل فى بعض المحطات قبل اعادة تشغيلها كما كونت الوكالة لجنة لفحص وتحسين خطط الطوارىء فى حالة وقوع حادث فى احدى المحطات ٠

ولكن بعد هذا الحادث والاجراءات التى تبعته من حكومة اليابان والمتوقع الا تصل الصناعة النووية الى ما قبل الحادث ـ بعد أن كانت اليابان فى مقدمة الدول بعد الولايات المتحدة الأمريكية فى مجال الطاقة النووية ٠

أدوار جديدة لوكالات الطاقة النووية اليابانية :

قبل حادث مفاعل بنسلفانيا كان هنالك ثلاثة وكالات حكومية تتولى المسئولية الرئيسية للطاقة النووية فى اليابان ولكن بعد هذا الحادث تكونت لجان ثلاثة هى :

١ ـ الوكالة الأولى هى لجنة الطاقة الذرية اليابانية ومهمتها تداول السياسة الطويلة المدى وتقرر ـ من بين ما تقوم به حجم المحطات النووية

الجديدة لتوليد الكهرباء ويقوم أعضاء هده اللجنة الأربعة بالتنسيق مع جميع الوكالات الحكومية لتنفيد هذه السياسة ٠

٢ ـ الوكالة التانية هى وزارة التجارة الدولية والصناعيه وهى مسئوله عن وضع شروط الامان والشروط البيئية لمحطات الطاقه النوويه بحيث اذا استوفى موقع جميع هده الشروط منحته الوكاله التصريح اللازم لبناء المفاعل النووى فى الموقع المحدد تم يتبع ذلك تصاريح أخرى لتركيب الأجزاء المختلفه من المفاعل اما تصريح بدء التشغيل فلا يمنح الا بعد اجراء الاختبارات اللازمه على جميع أجزاء المحطه بعد تركيبها مع المراقبة الدائمة لحالات التشغيل كما تقوم هده الوزارة مثلما تعمل لجنه التنظيم النووى بالولايات المتحده الأمريكيه باعطاء الأمر للمحطات بالايقاف للفحص والاصلاح فى حالة اكتشاف أى عطل فى أحد مكوناتها ٠

ـ اما الوكالة التالتة والتى تشكلت عام ١٩٧٨ وهى لجنة الأمان النووى ومهمتها الاساسية هى وضع فلسفة التصميمات وأسس تحليل الأمان وليس مجرد متابعة التشغيل اليومى للمحطات النووية والظريف هنا أن نذكر بأن هذه اللجنه بأعضائها الخمسة أقحمت نفسها فجأة فى أعمال اللجنة التانية بل كانت فعلا تتدخل فى شئونها مما خلق جوا من التحدى لأعمالها وذلك بعد حادث مفاعل « ترى مايلز أيلاند » ٠

التحسن فى مجالات التدريب :

على الرغم من تداخل أعمال الوكالات المذكورة أعلاه الا انه أمكن استخلاص العبر من حادث مفاعل « ترى مايلز أيلاند » ووضع الدروس المستوعبة فى حيز التطبيق وكانت المحصلة الرئيسية لذلك هى الارتفاع بمستوى تدريب العاملين بغرفة المراقبة والسيطرة بالمحطات النووية فقبل هذا الحادث كان التدريب عبارة عن فصل تدريسى (كورس) من ٢٢ أسبوعا بمركز « تسروجا » التدريبى وكان هذا التدريب شمل :

ـ ٦ أسابيع دراسة للموضوعات الأساسية متل نظرية المفاعلات ٠

ـ ٨ أسابيع للتعرف على أجزاء المحطات النووية ٠

ـ ٨ أسابيع للتدريب على « نموذج للمحطة النووية » وهو عبارة عن تركيب من دوائر يتحكم فيها حاسب الكترونى يسمح بنمذجة أنواع المفاعلات بمعدل ١٢ يوما فى السنة أما باقى العاملين فى عرف المراقبة مختلفة من الحوادث اضافة الى ذلك يرتب اعادة للتدريب سنويا لمشغلى المفاعلات بمعدل ١٢ يوما فى السنة أما باقى العاملين فى غرف المراقبة

والسيطرة فيرتب لهم برامج لاعادة التدريب كل عامين · ولكن بعد حادث « ثرى ما يلرآ يلاند » تم ادخال فصلين تدريبين سنويين كل فصل من ٣ أيام لاعادة التدريب للمشرفين ·

– تدريب لمدة يوم واحد بالنسبة للتنسيق بين أعضاء الوردية الواحدة لغرفة المراقبة والسيطرة ·

– تعديل برنامج الاثنى عشر يوما المذكورة أعلاه – بحيث يتضمن كذلك السلوك الديناميكى للمحطة وتحليل الأمان اضافة بطبيعة الحال – الى البرنامج التدريبى الأصلى ·

المخطط اليابانى لتنمية قدراتها النووية :

تمتلك اليابان ٩ مواقع لمحطات طاقة نووية تعمل بقدرة اجمالية تبلغ ١٤٥٢٢ ميجاوات كهربى وما زال هناك ٣ مواقع تحت الانشاء لتركيب وحدات اجمالى قدراتها ٥٦١٤ ميجاوات كهربى اضافة الى مخططها لتشغيل مفاعل توالد سريع بقدرة ٣٠٠ ميجاوات كهربى عام ١٩٨٥ ويبين الجدول (٤ – ٢) المخطط اليابانى لتنمية قدرتها النووية ·

جدول (٤ – ٢) المخطط اليابانى لتنمية قدرتها النووية

السنة	اجمالى السعة الكهربائية (ميجاوات)	النسبة المئوية للقدرة النووية الى اجمالى السعة الكهربائية
١٩٧٩	١١٢٠٠٠	١١ر٣
١٩٨٠	١١٨٨٨٧	١٢ر٦
١٩٨٤	١٤٧٥٠١	١٣ر٩
١٩٨٩	٢٠٢٥١٣	١٩ر٧

الجدول رقم (٤ ـ ٣) يبين المحطات النووية العاملة أو التى تحت الانشاء وعدد وقدرات وأنواع المفاعلات بها ·

جدول (٤ ـ ٣) : وضع المحطات النوويه فى الولايات المتحدة الأمريكية :

م	الولاية	الموقع	القدرة (م · و · كهربى)	نوع المفاعل	الشركة الصانعة	بداية التشغيل
١	الاباما	براونز فرى	٣ × ١٠٦٥	ماء مغلى	جنرال البكتريك	٧٤ـ٧٥ـ٧٧
٢	الاباما	جوزيف فيرلى ٢	١ × ٨٢٩	ماء مضغوط	وستنجهاوس	لم يحدد
٣	الاباما	بل فونت	٢ × ١٢٣٥	ماء مضغوط	بابكوك ولكوكس	٨١ ، ١٩٨٢
٤	ألاباما	جوزيف فيرلى	١ × ٨٢٩	ماء مضغوط	وسنتجهاوس	١٩٧٧
٥	أركنساس	أركنساس ١	١ × ٨٥٠ + ١ × ٩١٢	ماء مضغوط	بابكوك ولكوكس	٧٤ ، ١٩٧٨
٦	أريزونا	بالوفرد	٥ × ١٢٧٠	ماء مضغوط	كومبسشن	٨٣ـ٨٤ـ٨٦ ٨٨ـ٩٨
٧	كاليفورنيا	هامولت باى	١ × ٦٥	ماء مغلى	جنرال البكتريك	١٩٦٣
٨	كاليفورنيا	ديلبلو كاينون	١ × ١٠٨٤ + ١ × ١١٠٦	ماء مضغوط	وسنتجهاوس	١٩٧٩
٩	كاليفورنيا	لم تحدد	٢ × ١١٦٨	ماء مغلى	جنرال اليكتريك	لم يحدد
١٠	كاليفورنيا	سان اونفر	٢ × ١١٠٠	ماء مضغوط	كومبسشن	٨١ـ١٩٨٣
١١	كاليفورنيا	رانشو سيكو	١ × ٩١٨	ماء مضغوط	بابكوك ولكوكس	١٩٧٥
١٢	كاليفورنيا	سان كليمنت	١ × ٤٣٦	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٦٨

(تابع) جدول (٤ ـ ٣) : وضع المحطات النووية فى الولايات المتحدة الأمريكية

م	الولاية	الموقـــع	القدرة (م٠و٠ كهربى)	نوع المفاعل	الشركة الصانعة	بداية التشغيل
١٣	كلورادو	بورت سان فرين	١ × ٣٣٠	حرارى ـ نبريد غاز	جنرال اتوميك	١٩٧٣
١٤	كونكتيكت	هادام نك	١ × ٥٧٥	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٦٨
١٥	كونكتيكت	ميل ستون	١ × ٦٦٠	ماء مغلى	جنرال الكنريك	١٩٧١
١٦	كونكتيكت	ميل ستون	١ × ٨٣٠	ماء مضغوط	كومبسشن	١٩٧٥
١٧	كونكتيكت	ميل ستون	١ × ١١٥٠	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٨٦
١٨	فلوريدا	كريستال ديفر	١ × ٨٢٥	ماء مضغوط	بابكوك ولكوكس	١٩٧٧
١٩	فلوريدا	سان لوسى ١	١ × ٨٠٢	ماء مضغوط	كومبسشن	١٩٧٦
٢٠	فلوريدا	سان ٢	١ × ٨٤٢	ماء مضغوط	كومبسشن	١٩٨٣
٢١	فلوريدا	تركى بوينت ٢	٢ × ٦٩٣	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٧٣ـ٧٢
٢٢	جورجيا	ادوين هاتش ٢	١ × ٧٨٦ + ١ × ٧٩٠	ماء مغلى	جنرال الكنريك	١٩٧٨ـ٧٥
٢٣	جورجيا	الفن فوجتل	٢ × ١١٠٠	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٨٧ـ٨٤
٢٤	ايلينوى	درسدن	١ × ٢٠٧ + ٢ × ٧٩٤	ماء مغلى	جنرال الكتريك	١٩٧٢ـ٧١ـ٦٠
٢٥	ايلينوى	كواد سيتز	٢ × ٧٨٩	ماء مغلى	جنرال الكتريك	١٩٧٣
٢٦	ايلينوى	زيون	٢ × ١٠٤٠	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٧٤ـ٧٣
٢٧	ايلينوى	لاسال	٢ × ١٠٧٨	ماء مغلى	جنرال الكتريك	١٩٨١ـ٨٠

(تابع) جدول (٤ ـ ٣) : وضع المحطات النووية فى الولايات المتحدة الأمريكية

م	الولاية	الموقـــع	القدرة (م٠ وكهربى)	نوع المفاعل	الشركه الصانعة	بداية التشغيل
٢٨	ايلينوى	بريد وود	٢ × ١١٢٠	ماء مضغوط	وستنجهاوس	٨٢ـ١٩٨٣
٢٩	ايلينوى	بيرون	٢ × ١١٢٠	ماء مضغوط	وسسجهاوس	٨٢ـ١٩٨٣
٣٠	ايلينوى	كارول كونتى	٢ × ١١٢٠	ماء مضغوط	وسنجهاوس	٩٠ـ١٩٩١
٣١	ايلينوى	كلينتون	٢ × ٩٥٠	ماء مغلى	جنرال الكتريك	٨٢ـ١٩٨٦
٣٢	انديانا	بيلى نيوكلر	١ × ٦٤٤	ماء مغلى	حنرال الكنريك	١٩٨٤
٣٣	انديانا	ماريل هل	٢ × ١١٣٠	ماء مضغوط	وستنجهاوس	٨٢ـ١٩٨٤
٣٤	ايـوا	دوان ارنولد	١ × ٥٣٨	ماء مغلى	جنرال الكنريك	١٩٧٥
٣٥	ايـوا	فاندالیا	١ × ١٢٧٠	ماء مضغوط	بابكوك ولكوكس	لم يحدد
٣٦	ماين	ماين يانكى	١ × ٨٢٥	ماء مضغوط	كومبسشن	١٩٧٢
٣٧	ماريلاند	كالفرت كليفس	٢ × ٨٤٥	ماء مضغوط	كومبسشن	٧٥ـ١٩٧٧
٣٨	ماساشوست	بلجرم ١	١ × ٦٥٥	ماء مغلى	جنرال الكتريك	١٩٧٢
٣٩	ماساشوست	بانكى	١ × ١٧٥	ماء مضغوط	وسنجهاوس	١٩٦١
٤٠	ماساشوست	بلجرم ٢	١ × ١١٥٠	ماء مضغوط	كومبسشن	١٩٨٦
٤١	ماساشوست	مونتاج	٢ × ١١٥٠	ماء مغلى	جنرال الكسريك	٨٨ـ١٩٩٢
٤٢	كانساس	وولف كريك	١ × ١١٥٠	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٨٣
٤٣	لويزيانا	ديفرينه	٢ × ٩٣٤	ماء مغلى	جنرال الكتربك	١٩٨٤

(تابع) جدول (٤ — ٣) : وضع المحطات النووية فى الولايات المتحدة الأمريكية

م	الولاية	الموقـع	القدرة (م٠ وكهربى)	نوع المفاعل	الشركة الصانعة	بداية التشغيل
٤٤	لويزيانا	ووتر فورد	١ × ١١٦٥	ماء مضغوط	كومبستشن	١٩٨١
٤٥	مبتشجان	بج روك بونيت	١ × ٦٣	ماء مغلى	جنرال اليكسريك	١٩٦٣
٤٦	ميتشجان	دونالدكوك	١ × ١٠٥٤ + ١ × ١١٠٠	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٧٨ـ٧٥
٤٧	مبنشجان	باليسيدز	١ × ٧٤٠	ماء مضغوط	كومبستشن	١٩٧١
٤٨	ميتشجان	ميدلاند	١ × ٨٠٦ + ١ × ٥٢٤	ماء مضغوط	بابكوك ولكوكس	١٩٨٢ـ٨١
٤٩	ميتشجان	انريكو فيرمى	١ × ١٠٩٣	ماء مغلى	جنرال اليكتريك	١٩٨٢
٥٠	ميتشجان	جرين وود	٢ × ١٢٦٤	ماء مضغوط	بابكوك ولكوكس	١٩٩٢ـ٩٠
٥١	مينيسونا	مونتكيلو	١ × ٥٤٥	ماء مغلى	جنرال اليكتريك	١٩٧١
٥٢	مينيسونا	بريرى آيلاند	٢ × ٥٣٠	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٧٤ـ٧٣
٥٣	مبسيسبى	جراند جلف	٢ × ١٢٥٠	ماء مغلى	جنرال اليكتريك	١٩٨٤ـ٨١
٥٤	مسيسبى	يلوكريك	٢ × ١٢٨٥	ماء مضغوط	كومبستشن	١٩٩٢ـ٨٥
٥٥	ميسورى	كولاواى مونتى	٢ × ١١٥٠	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٨٧ـ٨٢
٥٦	نبراسكا	كوبرستيشن	١ × ٧٧٨	ماء مغلى	جنرال اليكتريك	١٩٧٤
٥٧	نبراسكا	بورت كالهون	١ × ٤٥٧	ماء مضغوط	كومبستشن	١٩٧٣
٥٨	نيوها مبشاير	سيبى بروك	٢ × ١١٩٤	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٨٧ـ٨٢
٥٩	نيوجرسى	اويستركريك	١ × ٦٥٠	ماء مغلى	جنرال اليكتريك	١٩٦٩

(تابع) جدول (٤ - ٣) : وضع المحطات النووية فى الولايات المتحدة الأمريكية

م	الولاية	الموقـع	القدرة (م· وكهربى)	نوع المفاعل	الشركة الصانعة	بداية التشغيل
٦٠	نيوجرسى	سيلم	١ × ١٠٩٠	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٧٧
٦١	نيوجرسى	فوركدريفر	١ × ١١٦٨	ماء مضغوط	كومبسشن	١٩٨٣
٦٢	نيوجرسى	سيلم	١ × ١١١٥	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٧٩
٦٣	نيوجرسى	هوب جريك	٢ × ١٠٦٧	ماء مغلى	جنرال اليكتريك	٨٤ـ١٩٨٦
٦٤	نيويورك	جيمس فتز باتريك	١ × ٨٢١	ماء مغلى	جنرال اليكتريك	١٩٧٥
٦٥	نيويورك	روبرت ·أ· جينا	١ × ٤٧٠	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٧٠
٦٦	نيويورك	انديان بونيت	١ × ٢٦٥ + ١ × ٨٧٣ + ١ × ٩٦٥	ماء مضغوط	وستنجهاوس	٦٢ـ٧٣ـ١٩٧٦
٦٧	نيويورك	٩ ـ ميل بونيت	١ × ٦٢٠	ماء مغلى	جنرال اليكتريك	١٩٦٩
٦٨	نيويورك	شورهام	١ × ٨٥٤	ماء مغلى	جنرال اليكتريك	١٩٨١
٦٩	نيويورك	جيمس بورت	٢ × ١١٥٠	ماء مضغوط	وستنجهاوس	٨٨ـ١٩٩٠
٧٠	نيويورك	لم يحدد	٢ × ١٢٥٠	ماء مضغوط	كومبسشن	٩٢ـ١٩٩٤
٧١	نيويورك	سترلنج	١ × ١١٥٠	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٨٨
٧٢	نيويورك	٩ ـ ميل تونيت	١ × ١٠٨٠	ماء مغلى	جنرال اليكترك	١٩٨٤
٧٣	نور كارولينا	بروتسويك	٢ × ٨٢١	ماء مغلى	جنرال اليكترك	١٩٨٤
٧٤	نورث كارولينا	شيرون هاريس	٤ × ٩٠٠	ماء مضغوط	وستنجهاوس	٨٤ـ٨٦ـ٨٩ـ٩١

(تابع) جدول (٤ ـ ٣) : وضع المحطات النووية فى الولايات المتحدة الأمريكية

م	الولاية	الموقــع	القدرة (م٠و٠ كهربى	نوع المفاعل	الشركة الصانعة	بداية التشغيل
٧٥	نورث كارولينا	وليام ماكجوير	٢ × ١١٨٠	ماء مضغوط	وستنجهاوس	٧٩ـ١٩٨١
٧٦	نورث كارولينا	توماس بركنز	٣ × ١٢٨٠	ماء مضغوط	كومبسشن	٨٨ـ٩١ـ١٩٩٣
٧٧	اوهايو	دافيس بس	٣ × ٩٠٦	ماء مضغوط	بابكوك ولكوكس	٧٧ـ٨٥ـ١٩٨٧
٧٨	اوهايو	زيمر ١	١ × ٨١٠	ماء مغلى	جنرال البكتريك	١٩٨٠
٧٩	اوهايو	بيرى	٢ × ١٢٠٥	ماء مغلى	جنرال اليكتريك	٨٣ـ١٩٨٥
٨٠	اوهايو	ايرى	٢ × ١٢٦٧	ماء مضغوط	وستنجهاوس	٨٦ـ١٩٨٨
٨١	اوكلاهوما	بلاك فوكس	٢ × ١١٥٠	ماء مغلى	جنرال اليكتريك	١٩٨٥ـ١٩٨٨
٨٢	اوريجون	تروجان	١ × ١١٣٠	ماء مضغوط	وسننجهاوس	١٩٧٦
٨٣	اوريجون	بيل سبرنج	٢ × ١٢٦٠	ماء مضغوط	وسننجهاوس	٨٧ـ١٩٨٩
٨٤	بنسلفانيا	بيفر فالى	٢ × ٨٥٢	ماء مضغوط	وسننجهاوس	٧٦ـ١٩٨٤
٨٥	بنسلفانيا	شبنج بورت	١ × ٦٠ (ماء حميف)	توالد سريع	وسننجهاوس	١٩٧٧
٨٦	بنسلفانيا	بيشن بودوم	٢ × ١٠٦٥	ماء مغلى	جنرال اليكتريك	١٩٧٤
٨٧	بنسلفانيا	٣ ــ ميل آيلاند	١ × ٨٠٠ + ١ × ٩٠٦	ماء مضغوط	بابكوك رلكوكس	٧٤ـ١٩٧٨
٨٨	بنسلفانيا	ساسك هنا	٢ × ١٠٥٠	ماء مغلى	جنرال اليكنريك	٨١ـ١٩٨٢
٨٩	بنسلفانيا	لايم ريك	٢ × ١٠٦٥	ماء مغلى	حنرال اليكتريك	٨٥ـ١٩٨٧
٩٠	رود آيلاند	ن٠أ٠ب	٢ × ١١٥٠	ماء مضغوط	وستنجهاوس	٨٧ـ١٩٨٩

(تابع) جدول (٤ ـ ٣) : وضع المحطات النووية فى الولايات المتحدة الأمريكية

م	الولاية	الموقـع	القدرة (م.و. كهربى	نوع المفاعل	الشركة الصانعة	بداية التشغيل
٩١	ساوث كارولينا	اوكونى	٨٨٧ × ٣	ماء مضغوط	بابكوك ولكوكس	١٩٧٤_٧٣
٩٢	ساوث كارولينا	هـ.ب.روبنسون	٧٠٠ × ١	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٨١
٩٣	ساوث كارولينا	كاتاوبا	١١٤٥ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٨٣_٨١
٩٤	ساوث كارولينا	شيروكى	١٢٨٠ × ٣	ماء مضغوط	كومبسشن	١٩٨٩_٨٧_٨٥
٩٥	ساوث كارولينا	فرحل سمر	٩٠٠ × ١	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٨٠
٩٦	تيسى	سيكويا	١١٤٠ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٨٠
٩٧	تيسى	واتس بار	١١٦٥ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٨١_١٩٨٠
٩٨	تيسى	هارتس فيل	١٢٠٥ × ٤	ماء مغلى	جنرال اليكتريك	٩٠_٨٩_٨٤_٨٣
٩٩	تيسى	فيبس منـد	١٢٢٠ × ٢	ماء مغلى	جنرال اليكتريك	١٩٩١_٨٢
١٠٠	تينيسى	كلينش ريفر	٣٥٠ × ١	توالد سريع	وستنجهاوس	١٩٨٦
١٠١	تكساس	ألن كريك	١١٥٠ × ١	ماء مغلى	جنرال اليكتريك	١٩٨٦
١٠٢	تكساس	ساوث تكساس	١٢٥٠ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٨٣_٨٢
١٠٣	تكساس	كومنش بيك	١١٥٠ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٨٣_٨١
١٠٤	فرمونت	فرمونت يانكى	٥١٤ × ١	ماء مغلى	جنرال اليكتريك	١٩٧٢
١٠٥	فرجينيا	نورث آنا	٩٠٧ × ٢	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٧٩_٧٨
			٩٠٧ × ٢	ماء مضغوط	بابكوك ولكوكس	١٩٨٧_٨٦

(تابع) جدول (٤ ــ ٣) : وضع المحطات النووية فى الولايات المتحدة الأمريكية

م	الولاية	اسم المحطة	القدرة (م.و. كهربى	نوع المفاعل	الشركة الصانعه	بداية التشغيل
١٠٦	فرجينيا	سورى	٢ × ٨٢٢	ماء مضغوط	وسنجهاوس	١٩٧٣ــ٧٢
١٠٧	واشنطن	هانفورد	١ × ٨٠٠	جرافيت	وستنجهاوس	١٩٦٦
١٠٨	واشنطن	سكاجت	٢ × ١٢٨٨	ماء مغلى	جنرال اليكتريك	١٩٨٧ــ٨٥
١٠٩	واشنطن	وپب ا س ا س	٢ × ١٢٦٧ +	ماء مضغوط	بايكوك ولكوكس	١٩٨٥ــ٨٣
			٢ × ١٢٤٢ +	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٨٦ــ٨٤
			١ × ١١٠٣	ماء مغلى	جنرال اليكتريك	١٩٨١
١١٠	وسكونسن	كيوانى	١ × ٥٣٥	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٧٤
١١١	وسكونسن	لاكروس (جنوا)	١ × ٥٠	ماء مغلى	اليس شالمر	١٩٦٩
١١٢	وسكونسن	بوئيت بيش	٢ × ٤٩٧	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٧٢ــ٧٠
١١٣	وسكونسن	تايرون ١	١ × ١١٠٠	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٧٦
١١٤	وسكونسن	هافن	٢ × ٩٠٠	ماء مضغوط	وستنجهاوس	١٩٨٩ + لم يحدد

ملاحظات وتعليق على وضع الطاقة النووية بالولايات المتحدة الأمريكية :

من الجدول السابق يمكن ان نستنتج التالى :

أولا : حتى نهاية عام ١٩٨٢ فان عدد المواقع ٧٦ موقعا تحتوى على ١٠٧ مفاعلا نوويا تتراوح سعاتها من ٥٠ فقط الى ١٢٥٠ ميجاوات كهربى موزعة كالتالى :

٣٦ مفاعل ماء مغلى منها ٣٥ مفاعل صناعة جنرال اليكتريك ومفاعل واحد صغير صناعة شركة اليس شالمر ٠

٦٨ مفاعل ماء مضغوط منها ٤٥ مفاعلا صناعة وستنجهاوس ـ ٩ مفاعلات صناعة كومبيشن انجنبرنج ٠

١٤ مفاعلا صناعة بابكوك وويلكوكس ٠

ـ مفاعل واحد توالد سريع صناعة وستنجهاوس ٠

ـ مفاعل واحد حرارة عالية ويبرد بالغاز صناعة شركة جنرال اتوميك ٠

ـ مفاعل واحد « جرافيت » ٠

ثانيا : من عام ١٩٨٣ وحتى عام ١٩٩٤ ٠ فان عدد المواقع الجديدة المضافة ٣٣ موقعا جديدا ـ ٨٦ مفاعلا نوويا تتراوح سعاتها من ٣٥٠ الى ١٢٨٨ ميجاوات كهربى موزعة كالتالى :

ـ ٢٥ مفاعل ماء مغلى جميعها صناعة جنرال اليكتريك ٠

ـ ٦٠ مفاعل ماء مضغوط منهـا ٣٢ مفاعلا صناعة وستنجهاوس و ٢١ مفاعلا صناعة كومبسشن ـ انجنبرنج و ٨ مفاعلات صناعة بابكوك وويلكوس ٠

ـ مفاعل واحد توالد سريع صناعة وستنجهاوس ٠

ثالثا : مفاعلات غير محددة تاريخ تشغيلها وهى ٥ مفاعلات موزعة على ٤ مواقع وتتراوح سعاتها من ٨٢٩ الى ١٢٧٠ ميجاوات كهربى موزعة كالتالى :

ـ ٢ مفاعل ماء مغلى صناعة جنرال اليكتريك ٠

ـ ٣ مفاعل ماء مضغوط منها ٢ مفاعل صناعة استنجهاوس ومفاعل واحد صناعة بابكوك وويلكوكس ٠

مصر وعصر الطاقة النووية

تدرك مصر ـ شأنها في ذلك شأن أى دولة متحضرة وواعية لجميع ظروف العالم من حولها وما ستتطور اليه أمور الطاقة فيه ـ أنه لا بد لها من مسايرة هذا التطور ايمانا برسالتها كدولة رائدة للدول العربية والافريقية فاذا كان هذا التطور ـ وهو بدون شك كذلك يعود عليها بالخير الوفير متمثلا فى زيادة حصيلتها من العملات الحرة نتيجة لتوجيه الجزء الأكبر من ثروتها النفطية الى ما يحقق أكبر عائد اقتصادى لها كتوجيهه الى صناعات البتروكيماويات وغيرها أو بتصدير جزء كبير منه للخارج للمساهمة فى تحقيق التوازن الاقتصادى للدولة اذن لأصبح هذا السلوك ليس هدفا حضاريا فحسب بل قوميا بالدرجة الأولى .

ومع خطط التنمية الطموحة ولتحقيق هدف الرفاهية للمواطن المصرى وما يستلزمه من زيادة نصيب الفرد من استهلاك الطاقة الكهربائية والمخطط له أن يرتفع من حوالى ٤٥٠ كيلو وات ساعة سنويا عام ١٩٨٢ الى حوالى ١٥٠٠ كيلو وات ساعة سنويا عام ٢٠٠٠ على الرغم من الزيادة المتوقعة للسكان من ٤٤ مليون نسمة عام ١٩٨٢ الى حوالى ٦٦ مليون نسمة عام ٢٠٠٠ وعليه فان اجمالى الطاقة السنوية سيرتفع الى حوالى مائة مليار كيلو وات ساعة عام ٢٠٠٠ .

وحيث ان أقصى ما يمكن انتاجه من الطاقة الكهرومائية ـ وعند الاستغلال الكامل للمصادر المائية من نهر النيل لن يتعدى بأى حال من الأحوال ١٥ مليار كيلو وات ساعة سنويا (وان كان ما ينتج حاليا هو حوالى ١٠ مليار فقط) فعليه كان لزاما علينا البحث عن مصادر لتدبير ٨٥ مليار كيلو وات ساعة سنويا عام ٢٠٠٠ (وطبيعى مع اطراد النمو

لا بد من زيادة هذا الرقم) معنى ذلك ببساطة متناهية أننا سنحتاج ما لا يقل عن ٢٥ مليون طن من النفط (أو مكافئاتها من المصادر الأخرى غير المائية) سنويا أى حوالى نصف انتاجنا من النفط لنفس العام مع توقع زيادتها مع زيادة معدل استهلاك الطاقة الكهربائية والذى لا يتوقع المؤلف أن يقل عن ٥٪ سنويا فى أوائل القرن الحادى والعشرين أى انه لو استمررنا فى الاعتماد على النفط لتوليد الكهرباء فسيأتى وقت ــ وهو فى اعتقادنا قبل نهاية القرن القادم وربما فى أوائل التسعينات من هذا القرن ــ سنصبح دولة مستوردة للنفط وليس دولة مصــدرة وما لهذا التحول من انعكاسات خطيرة على اقتصاد البلاد ٠

فاذا علمنا أن أقصى ما يتوقع أن تسهم به مصادر الطاقة الجديدة (شمس ورياح وطاقة حيوية وغيرها) لن يتجاوز ٥٪ (وربما أقل) بحلول القرن الحادى والعشرين ٠ اذن لا مناص أبدا ولا مفر من استخدام الطاقة النووية أساسا فى توليد الكهرباء وبدون شك اذا أثبتت الدراسات جدواها الفنية والاقتصادية فى أغراض التسخين كذلك ٠

الجهود المصرية للانتقال الى عصر الطاقة النووية على نطاق واسع :

فى هذا الاتجاه تبنت وزارة الكهرباء والطاقة بمصر استراتيجيه لتوفير الكهرباء باستخدام الطاقة النووية لتغطية نسبة متزايدة تصل الى حوالى ٤٠٪ من احتياجات البلاد من الطاقة الكهربائية عام ٢٠٠٠ ٠ وحوالى ٢٠٪ من هذه الاحتياجات ببناء محطات تعمل بالفحم أما بالنسبة للباقى فيغطى باستخدام أقصى المتاح من الطاقة المائية (بعد تنفيذ سلسلة من مشروعات الطاقة الكهرومائية وبالتنسيق مع قطاعات الرى والزراعة) ومشروعات الطاقة الجديدة والباقى بعد ذلك (حوالى ٢٥٪ من الاحتياجات) يمكن تغطيته من المنتجات النفطية والغاز الطبيعى ٠

ولتحقيق هذا الهدف فقد وضــعت هذه الوزارة برنامجا لبناء ٨ محطات لتوليد الكهرباء بالطاقة النووية يصل مجموع قدراتها الى حوالى ٨٠٠٠ ميجاوات عــام ٢٠٠٠ وفى سبيل ذلك قــامت بعــدة خطــوات أهمها : ــ

١ ــ قامت مصر حديثا من خلال وزير خارجيتها بالتصــديق على معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية ٠

٢ ــ توقيع اتفاقيات تعاون مشترك فى مجال الطاقة النووية مع

كل من فرنسا فى مارس ١٩٨١ والولايات المتحدة الأمريكية فى يونيه ١٩٨١ ٠

٣ ـ أجريت اتصالات مع كل من ألمانيا الاتحادية وكندا لتوقيع اتفاقيات مماثلة ٠

٤ ـ أجرت وزارة الكهرباء والطاقة اتصالات مع الوزارات المعنية فى كل من السويد واستراليا والمملكة المتحدة لبحث امكانية التعاون المشترك فى مجال الاستخدامات السلمية للطاقة النووية ٠

٥ ـ أجريت اتصالات على مستوى رسمى بين وزارة الكهرباء والطاقة بمصر وحكومة كندا للتعاون فى هذا المجال وفى حالة اتمام الاتفاق ستقوم كندا بتوريد مفاعلات من طراز « كاندو » المعروفة لمصر ٠

عرض وتحليل لمجالات تعاون هذه الدول مع مصر :

بتحليل نشاطات أهم دول العالم التى دخلت مجال استخدامات الطاقة النووية لتوليد الطاقة الكهربائية يمكن حصر أهم مجالات التعاون مع مصر فيما يلى : ـ

١ ـ بالنسبة لمجال التعاون مع فرنسا :

المتتبع لتاريخ فرنسا فى مجال الاستخدام السلمى للطاقة النووية يلاحظ تحولها من استخدام مفاعلات اليورانيوم الطبيعى التى تبرد بالغاز مع استخدام الجرافيت كمهدىء الى صناعة مفاعلات الماء المضغوط بتصريح من شركة وستنجهاوس الأمريكية فى منتصف عقد الستينات واستمرت فى هذا الطريق مع الأخذ بنظام تصميم الوحدة المعيارية أو الجاهزة وعليه فيمكن أن يكون مجال التعاون هو تعاقد على تركيب مفاعلات ماء خفيف من نوع الماء المضغوط والتى تستخدم اليورانيوم الغنى (المخصب) أما بالنسبة لتوريد اليورانيوم الغنى الى مصر فنظرا لاحتياطات فرنسا المتواضعة منه فسيقتصر مجال التعاون بالاضافة الى تعاقدات تركيب مفاعلات الماء المضغوط تقديم الخبرات الفنية فى مجالات التخطيط والتركيب والتشغيل والصيانة الى جانب التدريب وتقديم المشورات الفنية ٠

أما بالنسبة لمفاعلات التوالد السريع سواء من طراز « فينكس » أو « سوبر فينكس » فلا يتوقع الخبراء انتاجها على نظام تجارى قبل عام ١٩٩٧ ومن ثم يمكن أن يشمل التعاون فى مرحلة تالية هذه الأنواع

من المفـاعلات كدلك بالنسبة لتقـديم حدماتها فى مجال دورات اعـادة استخدام الوقود النووى والذى بدأت فرنسا أن تسلك طريقه الصعب ٠

٢ ـ بالنسبة لمجال التعاون مع الولايات المتحدة الأمريكية :

المتتبع لخطط الولايات المتحدة لانشاء محطات الطاقة النووية فى الفترة من عام ١٩٨٣ حتى عام ١٩٩٤ يجد أنها تعتزم بناء ٩١ مفاعلا نوويا تتراوح سعاتها من ٣٥٠ ميجاوات الى ١٢٨٨ ميجاوات كهربى موزعه كالتالى : ـ

- ـ ٢٧ مفاعلا من نوع الماء المغلى ٠
- ـ ٦٣ مفاعلا من نوع الماء المضغوط ٠
- ـ مفاعل واحد توالد سريع ٠

أما اذا نظرنا الى المفاعلات التى تم انشاؤها حتى نهاية عام ١٩٨٠ نجد أن عددها ١٠٧ مفاعلا نوويا موزعة كالتالى :

- ـ ٣٦ مفاعلا من نوع الماء المغلى ٠
- ـ ٦٨ مفاعلا من نوع الماء المضغوط ٠
- ـ مفاعل من كل من الجرافيت ـ الحرارة العالية ـ تبريد الغاز ٠

من هذا العرض يتضح لنا تماما أن انتاج مفاعلات الماء المضغوط سيكون هو السائد ٠

وحيث ان الولايات المتحدة الأمريكية دولة منتجة لكل من اليورانيوم الطبيعى والثرى كما أنهـا فى الوقت الحالى احدى الدولتين العظميين اللتين تحتكران تكنولوجيا دورة اعادة استخدام الوقود وسيكون طبيعيا أن يشتمل التعاون معها على النحو التالى :

- ـ توريد وتركيب المفاعلات النووية من نوع الماء الخفيف بشكل عام ونوع الماء المضغوط بشكل خاص ٠
- ـ توريد اليورانيوم الغنى اللازم لتشغيل هذه المفاعلات ٠
- ـ التعاون فى مجال دوره اعادة استخدام الوقود ٠

هـذا اضافة الى تقـديم المساعدات الفنيـة اللازمه ٠ أما بالنسبة لمفاعلات التوالد السريع فيرى كثير من المراقبين ومنهم المؤلف ـ أن الولايات المتحدة سوف لاتنتجها على نطاق تجارى قبل عام ١٩٩٣ ٠

٣ ـ بالنسبة لمجال التعاون مع كندا :

يقترن اسم المفاعل الشهير « كاندو » باسم كندا وهذا المفاعل وكما ذكرنا آنفا يستخدم الماء الثقيل كمهدئ واليورانيوم الطبيعي وأغلب الظن أنه سوف يلقى رواجا عالميا نظرا لأنه يعمل باليورانيوم الطبيعي المتاح عالميا بدرجة أكبر من اليورانيوم المخصب والذى يقتصر انتاجه فى الوقت الحالى على الدولتين العظميين (وفى المستقبل القريب تنضم اليهما أوربا الغربية) ومن ثم يتيح استخدام اليورانيوم الطبيعي الغاء احتكارات الدول الكبرى لليورانيوم الغنى هذا اضافة الى أنه يعتبر من أكفأ وأرخص المفاعلات النووية المتاحة تجاريا فى عالم اليوم وعليه يمكن أن يكون مجال التعاون مع كندا أساسا فيما يلى : ـ

ـ تركيب مفاعلات الكاندو ٠

تقديم الخبرات الفنية وخاصة فى مجال انتاج الماء الثقيل ٠

٤ ـ بالنسبة لمجال التعاون مع المملكة المتحدة :

اشتهرت المملكة المتحدة بمفاعلات « ماجنوكس » وهى تعمل باليورانيوم الطبيعي الا أنها تبرد بالغاز وتستخدم الجرافيت كمهدئ وكان لها فضل كبير على البلاد لرخص تكاليفها الجارية (نصف أو أقل من نصف تكاليف التشغيل للمحطات الحرارية التى تعمل بالمازوت) ومع ذلك فقد وضعت المملكة المتحدة برنامجا ثانويا ثانيا يعتمد على مفاعلات أكثر تطورا من مفاعلات « ماجنوكس » وهذه تبرد بالغاز وتغذى بوقود من أكسيد اليورانيوم العنى الا أنه ظهرت مشاكل فنية معقدة أثناء التشغيل ٠ لذا نرى أن أفضل مجال للتعاون مع المملكة المتحدة سوف يكاد يكون مقتصرا على تقديم الخبرات الفنية ـ وهى لا شك غنية ـ وقد يمكن الاستفادة بتركيب مفاعل أو أكثر من نوع « ماجنوكس » ٠

٥ ـ بالنسبة لمجال التعاون مع ألمانيا الاتحادية :

وألمانيا الاتحادية وان كانت تنتج على نطاق تجارى مفاعلات الماء الخفيف بنوعيها (المغلى والمضغوط) بتصريح من شركات أمريكية صاحبة التصميم وعليه يمكن أن يكون مجال التعاون معها هو التعاقد لتركيب مفاعلات من نوع الماء المضغوط اضافة الى تقديم الخبرات والمشورات الفنية ٠

٦ ـ بالنسبة لمجالات التعاون مع كل من السويد واستراليا :

لا تعتبر السويد أو استراليا من الدول الأساسية المنتجة للمفاعلات النووية الا أنها يمكن تقديم خدماتها فى مجال توزيد الوقود النووى (بالنسبة لاستراليا والتى ستكون احدى الدول الرئيسية المنتجة لليورانيوم ابتداء من عام ١٩٨٥) أو فى مجال التخلص من النفايات النووية (وللسويد خبرة متميزة فى هذا المجال) ٠

أضواء على كل من مفاعلات الماء المضغوط ومفاعلات الكاندو :

فى أول مراحل استخدام الطاقة النووية لتوليد الكهرباء كانت احدى المشاكل الرئيسية أمام مخططى صناعة المفاعلات النووية هى اختيار أنسب أنواع المفاعلات واستلزمت الاجابة على هذا التساؤل أن قامت بعض الدول ببناء مفاعلات تجريبية من كل نوع لتسجل ملاحظاتها ووضع توصياتها والآن ومنذ انشاء أول مفاعل نووى بالولايات المتحده الأمريكية خلال عقد الخمسينات يمكننا أن نلحظ وبشكل ملموس ما يلى :ـ

ـ أن مفاعلات الماء الخفيف وعلى الأخص مفاعلات الماء المضغوط اكتسبت جاذبية تجارية فقد لوحظ أن حوالى ٧٠٪ من خطة الولايات المتحدة بدءا من عام ١٩٨٣ بناء مفاعلات من هذا النوع هذا اضافة الى شعبيتها فى أوروبا الغربية وغيرها من البلاد سواء المنتجة أو المستخدمة للمفاعلات النووية ٠

ـ أن مفاعلات الماء الثقيل الكندية « كاندو » بدأت تكسب أرضا فى حلبة سباق انتاج المفاعلات النووية لما لها من مزايا متعددة ٠

لماذا مفاعلات الماء المضغوط ؟ :

١ ـ كما سبق وأن شرحنا فى الفصل الأول أن الطاقة الحرارية المولدة داخل هذا النوع من المفاعلات تنتقل الى وسيط التبريد ٠ ووسيط التبريد هنا عبارة عن الماء العادى (الخفيف) يحفظ داخل دائرة ابتدائية مغلقة وتحت ضغط عال ويحدث تبادل حرارى بين هذه الدائرة المغلقة ودائرة أخرى منفصلة عنها هى الدائرة الثانوية حيث يتولد البخار ومن هنا تأتى الأهمية الأساسية لهذا النوع من المفاعلات وهو الفصل بين بخار التوربين وبين مياه الدائرة الابتدائية المحملة بالاشعاعات النووية ٠

٢ ـ حيث ان هذا المفاعل يستخدم اليورانيوم الغنى (المخصب)

وبالتالى فحجم الوقود اللازم أقل من مفاعلات اليورانيوم الطبيعى وبطبيعة الحال يعكس هذا على حجم قلب المفاعل ومن ثم حجمه الاجمالى وتكاليف انشائه ونقله ٠

٣ ـ لاستخدامه الوقود الغنى فيمتاز هذا النوع من المفاعلات بمعدل احتراق مرتفع ٠

وبالمقابل فلهذا النوع من المفاعلات عيوبه ولعل أهمها ٠

١ ـ استخدام اليورانيوم الغنى والذى لا تتوافر تكنولوجيا تجهيزه (رفع درجة تركيز يورانيوم ٢٣٥ فى اليورانيوم الطبيعى من ٧ر٠٪ الى ٣٪) فى الوقت الحالى الا فى الدولتين العظميين يجعل من استخدامه التعرض لمخاطر سياسية نتيجة احتكار مصادر الوقود اللازم لتشغيله ٠

٢ ـ لتزويد المفاعل بالوقود ـ شأنه فى ذلك شأن جميع مفاعلات الدول الغربية باستثناء مفاعل « الكاندو » ـ يستلزم ايقافه كلية لمدة حوالى ٦ أسابيع ٠

٣ ـ تجاوب البخار المنتج (كميته ـ ضغطه ـ درجة حرارته) مع تغيرات الأحمال الكهربائية بطىء ٠

لماذا مفاعلات الماء الثقيل « كاندو » :

١ ـ نظرا لاستخدام هذا النوع من المفاعلات لليورانيوم الطبيعى وكذلك استخدامه لمهدىء من الماء الثقيل لذلك يعتبر هذا النـوع من المفاعلات من أرخص ـ بل ربما أرخص أنواع المفاعلات المتاحة فى عالم اليوم من حيث اجمالى الاستثمار وتكاليف التشغيل ٠

٢ ـ نظرا لاستخدامه دائرة ثانوية لانتاج البخار فيعتبر البخار الناتج من وجهة النظر العملية ـ خاليا من التلوثات الاشعاعية ٠

٣ ـ يتيح تصميم هذا المفاعل تزويده بالوقود أثناء التشغيل دون توقف ٠

٤ ـ حيث انه يعمل باليورانيوم الطبيعى (وليس الغنى) وهو متاح على نطاق واسع عالميا مما يلغى احتكارات الدول الكبرى وبالتالى الضغوط السياسية كما أن خاماته متوافرة فى مصر وان كانت لم تجر الدراسات الكافية لاستغلالها حتى تاريخه٠

٥ ـ رغم أن تجاوب البخار الناتج مع تغيرات الأحمال الكهربائية بطىء نسبيا الا أنه أفضل من تجاوب مفاعلات الماء الخفيف ٠

ويقابل كل هذه المزايا عيوب أخرى منها :

١ ـ ان استخدام اليورانيوم الطبيعى معناه زيادة حجم الوقـود وبالتالى زيادة حجم قلب المفاعل وحجم المفاعل كلية ـ وان كان ما يزال أقل من حجم مفاعلات الجرافيت ٠ وعلى الرغم من كبر حجم هذا المفاعل عن نظيره من مفاعل الماء الخفيف الا ان اجمالى تكاليف استثماراته وتكاليف التشغيل لا تزال مقبولة بل من أرخص المفاعلات ٠

٢ ـ نظرا لاستخدام دائرة ثانوية لتوليد البخار فان كفاءة الانتقال الحرارى أقل من مثيلاتها (مثل الماء المغلى مثلا) وبالتالى ضغط ودرجة حرارة البخار الناتج كذلك ٠

٣ ـ حيث ان وسيط التبريد (وهو نفسه المهدىء) هو الماء الثقيل فلا يمكن تلافى فقدان كمية منه وهو أصلا باهظ التكاليف الا أن ذلك يمكن معالجته بالتعويض ٠

٤ ـ حيث ان هذا النوع من المفاعلات يتطلب بناء أوعية ضغط تتحمل الضغط المرتفع وهذا يمثل فى حد ذاته تحديدا للقدرات التصميمية للمفاعلات من هذا الطراز وعليه فان القدرات التصميمية له تعتبر محدودة الى حد ما ٠

مصادر الوقود النووى فى مصر :

يوجد اليورانيوم فى مصر مع خام الفوسفات أو منفردا فى الصحراء الغربية شمال بحيرة قارون كما يوجد فى الصحراء الشرقية بشبه جزيرة سيناء فى منطقتين هما :

ـ الأولى فى الطرق الشمالية لشبه الجزيرة المحازى لساحل البحر الأبيض المتوسط ٠

ـ وفى الرصيف القارى ٠

ـ والثانية جنوب غرب شبه الجزيرة فى منطقة تمتد من خليج السويس الى الكتل الجبلية الضخمة بجنوب شبه الجزيرة ٠

وفى المنطقة الأولى توجد رواسب تحمل موارد الثوريوم والزركونيوم والتيتانيوم ومصدر هـذه الموارد الرسوبية هو نهر النيل من ناحية ووادى العريش وغيره من الوديان التى تنبع من شمال سيناء من ناحية أخرى ٠

وفى المنطقة التانية جنوب غرب سيناء توجد مواقع لليورانيوم وهنالك مؤشرات الى امكانية وجود مواد نووية جيدة بهذه المنطقة ٠ ولكن لا توجد ـ وحسب معلومات المؤلف ـ أبحاث تبين بصفة قاطعة الاحتياطيات المؤكدة منها ٠

وجدير بالذكر فان التنقيب عن اليورانيوم وانتاجه واعداده كوقود نووى يحتاج الى فترة زمنية لا تقل عن ٨ سنوات أما أعقد عملياته وهى تركيز اليورانيوم ٢٣٥ لتصل نسبته من ٧ر٠٪ الى ٣٪ فهى متاحة فقط حاليا للدولتين العظميين وان اهتمت أوروبا الغربية أخيرا بهذا الموضوع وأقامت مصنعا كبيرا يتكلف ما يقرب من ٣ بلايين دولار أمريكى وبطبيعة الحال سيكون بيع اليورانيوم الغنى خاضعا لاتفاقيات دولية كما يجب أن نذكر هنا الى أن النفايات النووية المتخلفة داخل المفاعلات تحتوى على عنصر البلوتونيوم الذى يستخدم فى صناعة القنابل النووية ومن ثم يجعل عملية الرقابة الدولية عملية أساسية للسلام العالمى ٠ أما الماء الثقيل فيمكن انتاجه فى مصر كمادة ثانوية فى التحليل الكهربائى للماء فى الصناعة كما يحدث فى مصانع السماد بأسوان ٠

● الفصل السادس

حادث المفاعل النووى بولاية بنسلفانيا الأمريكية

دراسة تحليلية

مما لا شك فيه ان حادث المفاعل النووى « ثرى مايلز آيلاند » فى ولاية بنسلفانيا الأمريكية الساعة الرابعة من صباح يوم ٢٨ مارس ١٩٧٩ قد لاقى رد فعل كبير بين جميع الأوساط السياسية والعلمية والهندسية فى جميع أنحاء العالم مما انعكس أثره بدون شك فى اعطاء دفعة قوية لزيادة عوامل الأمان فى المحطات النووية هذا الى جانب رد الفعل الجماهيرى ممثلا فى السلطات التشريعية ومطالبة الحكومات بالمزيد من الدراسات والضمانات الكافية قبل السماح باقامة أية منشآت نووية حديدة لمنع تكرار مثل ذلك الحادث ·

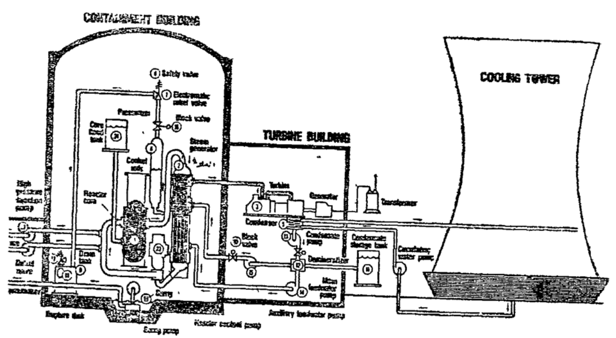
سنتناول هنا تفاصيل هذا الحادث مع دراسة تحليلية للأسباب من ورائه واستخلاص العبر من ذلك الدرس ·

أولا : الحالة قبل وقوع الحادث :

كانت وحدة المفاعل رقم ٢ تعمل بقدرة ٩٧٪ من القيمة التصميمية وكانت معظم الأحوال تبدو طبيعية وبالاشارة الى الشكل رقم (٦ ـ ١) نجد ان الماء يضخ خلال قلب المفاعل (١) حيث يسخن تحت ضغط يمنعه من الغليان ثم يمر من قلب المفاعل الى مولد البخار أو الغلاية (٢) حيث يحدث التبادل الحرارى وخلال هذه المبادلة الحرارية تتحول المياه الى بخار لدوران التربينة البخارية (٣) أما دائرة المياه التانوية المغلقة

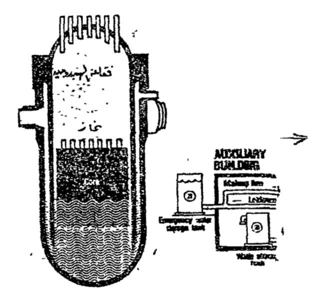
فى هذا المفاعل فهى تبدأ من مولد البخار (الغلاية) الى التربينة ثم العودة الى نقطة البداية ٠

وقبل الرابعة صباحا ـ حيث وقع الحادث ـ كان التدفق خلال هذه الحلقة طبيعيا أى ان المياه كانت تمر الى مولد البخار حيث تسخن وتتحول الى بخار يدير التربينة ثم يتكاثف بفعل المياه الباردة القادمة من برج التبريد (٤) خلال المكثف (٥) ٠



شكل (٦ ـ ١) رسم تخطيطى للمفاعل

١ ـ قلب المفاعل ـ ٢ ـ مولد البخار ـ ٣ ـ تربينة بخارية ـ ٤ ـ برج التبريد ـ ٥ ـ مكثف ـ ٦ ـ وعاء الضغط ـ ٧ ـ بلف التمدد ـ ٨ ـ وعاء الضغط ـ ٩ ـ خـزان مصافى المفاعل ـ ١٠ ـ محبس ـ ١١ ـ خزان المتكاثف ـ ١٢ ـ خزان ـ ١٣ ـ مضخات ـ ١٤ ـ مياه التغذية ـ ١٥ ـ مياه التغذية ـ ١٦ مكبس ـ ١٧ ـ محبس التمدد ـ ١٨ ـ قرص ـ ١٩ ـ بالسوعة ـ ٢٠ ـ خزانات النفايات المشعة ـ ٢١ ـ خزان المياه ـ ٢٢ ـ مضخات ضغط عال للحقن ٠



ثانيا : بداية الحادث :

أثبتت الدراسة التحليلية للحادث انه وقع ثلاثة أخطاء وليس خطا واحدا • أولها انه كان هناك تسرب مستمر من المفاعل وكان هذا التسرب معروفا لدى العاملين بالمحطة من انه خارج وعاء الضغط Pressurizer (٦) من خلال اما بلف التمدد (٧) Relief Valve والذى كان يعمل بصورة غير طبيعية • أو من خلال واحدة أو كل من بلف أمان وعاء الضغط (٨) ووسيط التبريد المتسرب هذا كان يتساقط الى خزان تضــافى المفاعل (٩) • وكل من محابس الأمان والتمدد مصممة — وحسب تسميتها للتخلص من الضغوط العــالية داخل مجموعة وسيط التبريد فمحابس (بلوف) الأمان تفتح آليا عند حدوث ضغط عال وكذلك فان محبس التمدد الكهربى يفتح آليا لمنع عمليات الفتح غير الضرورية لمحــابس الأمان وجميع هــذه المحابس مصممة بحيث يتجمع وسيط التبريد المتسرب والذى من الممكن ان يكون مشعا — الى منطقة آمنة وهى خزان المصافى • وكانت المشكلة هى انه — وعلى الرغم من ان وسيط التبريد Coolant قد تم تسربه من محابس الأمان أو محابس التمدد — فان منسوب المياه داخل وعاء الضــغط (Puressurizer) وكذلك الضغط داخل مجموعة التبريد فى المفاعل كان يحافظ الفنيون على ان تبقى فى مستواها الطبيعى وعليه فلم يكن هناك ما يسبب ازعاجهم نتيجة لتسرب وسيط التبريد علاوة على ذلك فقد استنتج هؤلاء الفنيون خطآ أن هذا التسرب فى حدود المسموح به بينما هو فى الحقيقة تخطى هذه الحدود • وعلى الرغم من ان ذلك لا يعنى ان مجموعة التبريد فى قلب المفاعل تعانى من فقدان خطير فى وسيط التبريد الا ان هذا التسرب لعب دورا هاما فى تطوير الأحداث على الأقل من ناحية واحدة وهى ان التسرب خلق مؤشرات حرارية مبينة فى مواسير الصرف الا ان هــذا التسرب أخفى وراءه تسربا خطيرا لوسيط التبريد •

المسألة الثانية وهى ان المحبسين رقم (١٠) كانا مقفلين وبدون علم الفنيين المسئولين عن التشغيل سهوا وذلك عقب عملية صيانة قبل الحادث بيومين وهذا على عكس وضعهما الطبيعى وحيث ان هذين المحبسين فى دائرة مياه التغذية المساعدة وقطعا أن مياه التغذية الرئيسية انقطعت منذرة بالحادث وطبقا لتصميم دوائر المفاعل فينبغى أن يكون ضخ المياه من خزان المتكاثف رقم (١١) ولكن غلق هذين المحبسين (١٠) منع وصول مياه التغذية المساعدة أى باختصار انقطعت المياه نتيجة للتسرب ودائرة المياه المساعدة كانت مقفلة •

المسألة الثالثة : وكانت معروفة تماما للفنيين وكانوا يعملون بها لمدة احدى عشرة ساعة قبل الحادث وخلال هذه الفترة كان اثنان من مراقبى الوردية مع الفنيين الآخرين المساعدين ينقلون الراتنج (القلفونية) Resins من الخزان (١٢) الى دائرة المتكاثف وهذه الراتنجات تقوم بتنقية مياه التغذية من الأملاح المعدنية والتى ينبغى بطبيعة الحال ان تكون نقية • والمسألة الثالثة جاءت أثناء انحباس ظاهرى للراتينج فى خط تحويل (ماسورة تحويل) مما ينتج عن ذلك دفع المياه فى اتجاه عكسى الى مواسير الهواء الخاصـــة بمضخات المتكاثف (١٣) وتفاصيل ذلك لا تهمنا حاليا وخاصة ان ذلك قد حدث من قبل مرتين • ولكن المهم هنا هو ان الفنيين ـ أثناء محاولتهم تخليص الراتينج الذى انحبس داخل ماسورة التحويل تسببوا فى ايقاف احدى طلمبات (مضخات) المتكاثف وكان ذلك فى الساعة الرابعة صباحا و ٣٦ ثانية وخلال ثانية واحدة توقفت مضخات مياه التغذية الرئيسية وذلك حسب النظام المصمم مسببة انقطاع المياه عن مولدات البخار والايقاف الفورى (تقريبا فى نفس اللحظة وفقا للنظام المصمم) للتربينة الرئيسية وكان الحادث الشهير الساعة الرابعة و ٣٧ ثانية •

انقطاع مياه التغذية المساعدة :

خلال ثانية واحدة من انقطاع مياه التغذية وما صاحبها من ايقاف التربينة الرئيسية عملت (اشتغلت) الثلاث مضـــخات لدائرة مياه التغذية المساعدة (١٥) وفقا للنظام المصمم ووصلت الى ضغطها الكامل بعد (١٤) ثانية من الحادث وبطبيعة الحال فان الغرض من ذلك هو تعويض انقطاع مياه التغذية الرئيسية لمنع مولد البخار من الجفاف ولسوء الحظ وكما ذكر سابقا فان المحابس بين دائرة مياه التغذية المساعدة ومولد البخار كانت مقفلة قبل وقوع الحادث سهوا بـ ٤٨ ساعة ونتيجة لذلك انقطعت ميــاه التغــذية المساعدة ولقــد استغرق الأمر ٨ دقائق من الفنيين لاكتشاف هذا السبب • ولكن ربما يعن للسائل ان يسأل « هل كان انقطاع مياه التغذية المساعدة عاملا رئيسيا فى الحادث • ويرد خبراء شركة بابكوك وولكوكس التى قامت ببناء المفاعل على هــذا التســاؤل بالايجاب لأنه لو لم تنقطع مياه التغذية المســـاعدة لظلت درجة حرارة وسيط التبريد مستقرة لحين تصــحيح مسألة مضــخات المتكاثف لتعود مياه التغذية الى تدفقها الطبيعى والخلاصة فانه بدون مياه داخلة الى مولد البخار وبدون بخار خارج منه معنى ذلك انه خلال الثوانى الأولى لانقطاع المياه تظل كمية الحرارة فى وسيط التبريد ثابتة • درجة حرارة وسيط

التبريد للمفاعل ارتفعت مسببة تمدد الوسيط وخلق ضغط متزايد فى جميع أجزاء المجموعة . وبعد زمن يقدر من ٣ الى ٦ ثوان وصل الضغط الى الحد الذى عنده يفتح بلف التمدد .

وبذلك استمرت المجموعة تعمل تماما ـ وفقا للتصميم الموضوع أى ان فتح محبس التمدد كان ميكانيزما للتحكم صمم خصيصا لمنع حدوث ضغط زائد داخل المفاعل وعند فتحه تتسرب كمية كافية من وسيط التبريد حتى يعود الضغط لحالته الطبيعية . ولكن قبل حدوث ذلك استمر ضغط المجموعة فى الارتفاع لمدة ثانيتين وصلت الى حد الفصل الآلى للمفاعل بعد ٨ ثوان من الحادث . وعند التقاط اشارة الفصل سقطت قضبان التحكم داخل قلب المفاعل منهية بذلك التفاعل النووى وموقفة للمفاعل خلال ثانية واحدة ولكن ظلت هنالك مسألة التخلص من الحرارة المتبقية داخل قلب المفاعل .

بداية فقدان (ضياع) وسيط التبريد :

على الرغم من ان قلب المفاعل كان ما زال ساخنا جديدا عقب فصل المفاعل الا انه كان هنالك حسب المتوقع ـ ما تبع ذلك من انخفاض فى درجة الحرارة وكذلك ضغط مجموعة وسيط التبريد بينما كان وسيط التبريد يتسرب من خلال محبس التمدد المفتوح ثم حدثت واحدة من أكثر الحوادث المتوالية أهمية :

فبعد حوالى ١٣ ثانية عاد ضغط مجموعة وسيط التبريد الى المستوى الطبيعى ومن ثم كان ينبغى أن ترسل اشارة الى محبس التمدد للاقفال الآلى ومن ثم ليضع حدا لفقدان وسيط التبريد ففى حجرة المراقبة تبين ان الاشارة أرسلت فعلا بينما ظل المحبس مفتوحا .

ولكن هناك شيئان مؤكدان وهما أولا كان على الفنيين ان يقفلوا المحبس (١٦) يدويا وبالتالى يمكن التخفيف من أثر عدم اقفال محبس التمدد ومن ثم منع اتلاف قلب المفاعل كليا وثانيا بسبب ان المحبس (١٦) ظل مفتوحا فقد حدث ضياع كبير لوسيط التبريد لمدة تزيد على ساعتين مما كشف (عرى) قلب المفاعل وأدى ذلك الى تسرب اشعاعات أولا الى المبنى المساعد (الملحق) ثم أخيرا الى الجو الخارجى . هنالك طريقة ثانية لتحديد وضع المحبس وذلك بقراءة درجة الحرارة داخل المواسير التى تصل بين المحبس وخزان المصافى فمتلا درجة الحرارة العالية بطريقة غير عادية تشير الى وجود تهريب فى مياه أو بخار المفاعل والحقيقة فان

مثل هذه القراءات قد أخذت فعلا وثبت انها عالية ولكن المعتقد هو ان ذلك بسبب تسرب من المحبس الأمر الذى كان معروفا للفنيين قبل الحادث ٠

طريقة ثالثة لتحديد ما اذا كانت كمية وسيط التبريد التى تسربت من خلال محبس التمدد كبيرة أم صغيرة وذلك بمعرفة مؤشر الضغط داخل خزان المصافى والحقيقة فان هذا الضغط كان متزايدا دوما مع تسرب وسيط التبريد من خلال محبس التمدد لحين حوالى ثلاث ونصف دقيقة بعد الحادث عندما ظهر ان محبس التمدد (١٧) الخاص بخزان مصافى وسيط التبريد ارتفع علاوة على ذلك ـ وبتطور الأحداث من سيىء الى أسوأ ـ فان محبس التمدد الخاص بخزان المصافى لم يكف لتسريب « تفريغ » الضغط المتزايد لوسيط التبريد المتسرب الى المصافى وبعد ١٥ دقيقة من الحادث انفجر القرص (١٨) ٠ وهذا مصمم بحيث ينفجر لحماية خزان المصافى من الارتفاع الخطير فى الضغط ونتيجة لهذا الانفجار خرجت كمية من وسيط التبريد الى البالوعة (١٩) ٠ ومنها الى المبنى الملحق حيث انضمت الى سلسلة من خزانات النفايات المشعة (٢٠) ويبدو ان هذه الخزانات امتلأت حتى ان الاشعاعات تسربت خارج المبنى ٠

كل هذا كان يمكن قطع الطريق عليه لو أن أيا من الفنيين نظر فقط الى مؤشر الضغط فى خزان المصافى وعلى كل فهذا المؤشر كان فوق لوحة خلف لوحات غرفة المراقبة الأولية والتى يبلغ ارتفاعها ٧ أقدام والتى وضعت عليها كل الأجهزة الحساسة ومن الواضح انه كان للفنيين عذر كاف فى خلال هذه الدقائق المبكرة للحادث حيث سها وغاب عليهم حقيقة التسرب المستمر من خلال محبس التمدد ولكن كان هنالك اشارات أخرى لتسرب خطير لوسيط التبريد ويمكن القول بأن الفنيين لم يتحققوا من ان هنالك فقدانا « ضياعا » لوسيط التبريد من خلال محبس التمدد الا بعد ١٤٢ دقيقة من وقوع الحادث وبعد مضى هذا الوقت فقط أقفلوا محبس التمدد (١٦) ٠ ولكن للأسف بعد ان ساءت الأحوال ووصلت الى نقطة اللاعودة ٠

الفشل لتعويض الضياع فى وسيط التبريد :

جميع المفاعلات النووية مصممة بحماية ضد الانهيار فى حالة ضياع وسيط التبريد من قلب المفاعل ٠ والمفاعل فى هذه المحطة له نظامان للطوارىء (ضغط عال وضغط منخفض) بالنسبة لمجموعة وسيط

التبريد . وسنتناول مجموعة الضغط المنخفض فيما بعد أما بالنسبة لمجموعة الضغط العالى فهى تتكون من خزان للمياه رقم (٢١) وثلاث مضخات ضغط عال للحقن رقم (٢٢) وحسب ما يدل اسمها - فهى يمكن ان تحقن وسيط التبريد - فى حالة الاضطرار - مباشرة الى مجموعة وسيط التبريد الخاص بالمفاعل . وعندما انخفض ضغط مجموعة وسيط التبريد للمفاعل بسبب فتح محبس التمدد وترتب على ذلك وصوله الى مستوى بدأت معه طلمبات الحقن الاضطرارى عملها وبالتالى قامت بعملها فى توصيل المياه الى مجموعة وسيط التبريد وبدأ ضغط الأخيرة فى الارتفاع مرة ثانية . ولو تركت هذه المضخات لتقوم بعملها كما هو مصمم لأمكن منع وقوع الحادث . ولكن بعد حوالى ٤½ دقيقة أخطأ الفنيون خطأهم الثانى الكبير وهو أنهم قفلوا جزئيا محبس الطرد على احدى المضخات بينما أوقفوا الآخرين تماما . ولم يمض الا ٣ ساعات وأربعون دقيقة من بدء الحادث الا وعكسوا ما فعلوا . وعند ذلك بدأت المضخات فى العمل آليا نظرا لارتفاع الضغط داخل المفاعل (٤ رطل / بوصة مربعة) وعلى الرغم من ذلك أوقف الفنيون المضخات مرة أخرى واستمروا فى تجاهلها على الأقل لحين مرور ٤½ ساعة منذ بداية الحادث عندما استعملوا مضخات الضغط العالى بصورة مستمرة لحقن وسيط التبريد بمعدل عال لمجموعة التبريد الخاصة بقلب المفاعل وبذلك - كما هو فى حالة قفل المحبس (١٦) - كان التلف قد حدث . لماذا أقفل الفنيون - ولو جزئيا - محابس طرد مضخات الطوارىء والتى كانت تقوم بعملها .. ؟ الاجابة معقدة بدون شك . عندما فتح محبس التمدد كان البخار داخل وعاء الضغط أول ما تسرب وحسب ما يمكن ان يكون متوقعا لا بد ان كمية من وسيط التبريد اندفعت لتحل محل البخار الذى تسرب .

وسبب ذلك فى ان « بيان المنسوب » ارتفع لحين بعد وقوع الحادث بحوالى ٦ دقائق اختفى المنسوب أى أعلى من المقياس مبينا ان الوعاء أصبح مليئا تماما بالماء . ويسمى الفنيون ذلك « بالوعاء المصمت » وفى هذه المحطة كان الفنيون قد تدربوا على تجنب ذلك بقطع الماء المضاف الى مجموعة وسيط التبريد . ولكن الذى لم يتحقق منه الفنيون هو ان المجموعة لم تكن مملوءة بوسيط التبريد . فبينما كان منسوب وسيط التبريد داخل وعاء الضغط عاليا جدا الا أن وسيط التبريد داخل مجموعة التبريد أصبح خليطا من البخار والماء مع نقصان سريع فى كمية الماء .

والذى كان يحدث هو ان النقص فى كمية وسيط التبريد والتسخين الزائد والناتج عن ذلك فى اللحظات الأولى من الحادث قد خلقت فجوات

(فقاعات) فى مجموعة تبريد المفاعل والتى كانت تعطى شـعورا كاذبا بأن المجموعة مملوءة بوسيط التبريد • وكان هـذا المنسوب العـالى لوسيط التبريد داخل وعاء الضغط بشكل جزئى هو الذى قاد الفنيين الى عدم التساؤل عما اذا كان هنالك تسرب لوسيط التبريد من عدمه ومن سخريات القدر انهم كانوا لا يعلمون حينذاك ان مجموعة التبريد هذه أصبحت نتيجة لنقص الوسيط ـ كتلة من البخار المشبع والمحمص •

نقطة اللاعودة :

بدراسة وتحليل هذا الحادث فانه لا يمكن بأية حال تبرئة الفنيين العاملين بهذه المحطة من جريمة الاهمال ـ على الأقل ـ عندما تجاهلوا النظر الى مؤشر الضغط فى خزان المصافى • أو نتيجة الارتباك الشديد عندما أوقفوا مضخات تعويض وسيط التبريد • وأستطيع أن أقول انه وعلى الرغم من التقدم التكنولوجى الذى أحرزته الولايات المتحدة فى مجال هندسة المفاعلات الا ان مثل هذا الاهمال والخطأ الشنيع الذى وقع فيه المسئولون عن تشغيل هذه المحطة لم يعرف نظير له فى محطات التوليد الحرارية بجمهورية مصر العربيـة مع تقديرى للهـوة التكنولوجية بين الدولتين •

ونعود ثانية الى هذا الحادث لنقول ان القشة التى قصمت ظهر البعير أو نقطة اللاعودة قد حانت بعد حوالى مائة دقيقة من بداية الحادث فبحلول الساعة الثالثة كان قلب المفاعل تالفا بشكل خطير ••• فى هذا الوقت كان الوعاء الخاص بعناصر الوقود المتبع من مادة زيراك الرى • كاد يتلف نتيجة لاكسدته بالبخار • وهذا قد عرض البخار ووسيط التبريد لمنتجات الانشطار النووى المشعة • فمن حوالى ١٤٠ ميكاكورى الساقطة (م•ك • س • MCI) • من عنصر الاكزينون داخل قلب المفاعل فان ١٠م•ك•س• كانت قد تسربت الى الجو المحيط بالمفاعل • ولكن من نفس الكمية من عنصر ايودين ١٣١ تسربت فقط ١٥ ك • س • (15 CI) وهذا وفقا لأرقام لجنة التنظيم النووية •

وكما هو معلوم فان عنصر الاكزينون أقل خطـرا بكثير من عنصر الايودين • فلو حدث ـ ونحمد الله أنه لم يحدث ـ ان تسربت كمية من الايودين بنفس قدر تسرب الاكزينون لوصل الحادث الى درجة رهيبة من الاهلاك • ويرجع سبب تسرب كمية أقل من الايودين الى ان معظم التلف فى قلب المفاعل كان أصلا فى الحشو (البطانة) والتى هى اصلا لا تسمح للغازات النبيلة بالتسرب • أما الايودين فقد تسرب نتيجة لتلف كريات

الوقود · ولكن هذا التلف فى هذه الحادثه ليس كبيرا علاوة على أن كمية كبيرة من الايودين الذى تسرب امصته المياه المتسربة والتى ارتفعت امكانيتها للامتصاص نتيجة للاضافات بها · كما ان بعض الايودين قد تم عزله عن الغازات الأخرى بفعل الهوايات المزودة بمرشحات (فلاتر) الفحم الحجرى ولكن لا المياه ولا المرشحات أمكنهما ان توقف تسرب الاكزينون ولا حتى الغازات النبيلة ·

ولكن قبل تجاوز فترة المائة دقيقة كان مازال هناك أربع امكانيات واضحة لتجنب ذلك وهى :

١ ـ كان فى امكان الفنيين اقفال محبس التمدد ·

٢ ـ كان لا ينبغى اطلاقا خنق (تشعير) محابس الطرد لمضخات الضغط العالى التى تقوم بحقن وسيط التبريد الى مجموعة الطوارىء ·

٣ ـ كان يمكن للفنيين اعادة تشغيل هذه المضخات فى وقت ما قبل مرور المائة دقيقة ·

٤ ـ كان يمكن للفنيين ترك مضخات وسيط التبريد أن تستمر فى عملها ·

ففى الدقيقة ٧٤ أوقف الفنيون تماما نصف مضخات وسيط التبريد الأربع · وفى الدقيقة ١٠١ أوقفوا النصف الباقى ·

وكان تعليل الفنيين ـ وبدون مواربة ـ انه عندما انخفض الضغط ظهر لهم انخفاض تدفق سائل التبريد بالتبعية وفى نفس الوقت كان يصدر اهتزازات عالية من المضخات نفسها ·

وكما ذكروا فى التحقيق فان وقوفهم داخل غرفة المراقبة جعلهم يشعرون بذلك ·

وعلى كل فانه ـ وبدون عمل المضخات ـ وبقليل من وسيط التبريد المتبقى بعد الضياع فان الماء انفصل عن البخار وأوقف التدفق كله حتى داخل وعاء المفاعل · وبعد حوالى ساعتين ونصف ارتفعت حرارة قلب المفاعل بمعدل سريع نتيجة لتعرية القلب · وفى الفترة من ١٤٩ دقيقة حتى ٧٥٠ دقيقة (اى ١٢½ ساعة) بعد الحادث كانت مؤشرات الحرارة قد تجاوزت نهاية المقياس (المحدد بـ ٦٢٠ درجة فهرنهيت) · وفى الحقيقة فأنه بعد الحادث بحوالى من ٤ الى ٥ ساعات فان الفولتمتر الرقمى أشار الى أن الحرارة وصلت الى درجة ٢٥٠٠ درجة فهرنهيت وعليه لم يكن داخل مواسير تبريد المفاعل الخارجة سوى جو من البخار المحمص وبعض الهيدروجين غير المتكاثف · وكان التلف حقيقة ثابتة ·

بداية منذ دقيقة واحدة بعد الحادث بدأ بعض الهيدروجين ينفصل عن سائل التبريد الذى تزايدت حرارته من خلال فتحة التهوية فى محبس التمدد المفتوح الى داخل مبنى المفاعل · وهذا فى حد ذاته يمكن اعتباره غير ذى أهمية كبيرة لان حجم المبنى الذى يحيط بمفاعل ماء مضغوط مثل هذا المفاعل - من الضخامة بحيث ان مثل هذه الكمية القليلة من الهيدروجين المتسرب لا تعتبر ذات أثر ضار ملموس · ولكن الجو المعبق بالبخار عالى الحرارة والذى نشأ نتيجة كشف قلب المفاعل مما نتج عن ذلك من تفاعل كيمائى بين البخار المتدفق وبين معدن الزرك الوى والذى يغطى عناصر الوقود · وهذه هى الحالة التى يمكن فى حالة هذا النوع من المفاعلات أن تولد كميات كبيرة من الهيدروجين الزائد عن الحد والتى بدأت بعد ٣½ ساعة من وقوع الحادث · وتسرب جزء من هذا الهيدروجين الى مبنى المفاعل وجزء ثان منه انحبس داخل وعاء المفاعل نفسه ومن ثم تكونت تلك الفقاعة الشهيرة وجزء ثالث تسرب الى مجموعة التبريد · وهذا الجزء الأخير مع البخار المتولد جعل الجهود التى بذلت لاعادة الوضع الى طبيعته أكثر تعقيدا ·

ولكن ما أفزع باحثى التنظيم النووى NRC بدرجة أكبر هو وجود فقاعة الهيدروجين فى وعاء المفاعل فى الساعات الأولى من الحادث وكذلك الهيدروجين فى داخل مبنى المفاعل ولقد أكد خبير شركة بابكوك وولكوكس التى قامت بتصميم وتركيب المفاعل أنه لاخوف من حدوث انفجار نتيجة لوجود هيدروجين محتبس داخل وعاء المفاعل وذلك لعدم وجود كمية الأكسجين اللازمة لهذا الاحتراق والأخطر من ذلك هو جيوب الهيدروجين التى تكونت داخل مبنى المفاعل حيث هنالك كمية وفيرة من الأكسجين بعد حوالى ٩½ ساعة من وقوع الحادث لتشعل الهيدروجين داخل مبنى المفاعل - كما أشار لذلك الارتفاع اللحظى لقياس الضغط (وصل الى ٢٨ رطل / بوصة مربعة) · والواقع ان المبنى قد تحمل ذلك - وحسب تصميمه - هو الذى جعل هيئة NRC تتحمس لفكرة تكوين الهيدروجين داخل المفاعل ·

وفى حادثتنا هذه حاول الفنيون بعد ذلك تخفيف الضغط داخل المجموعة وكاجراء وقائى فقد تم تزويد المفاعل بخزانات فائض الاستقبال (الفيض) الخارج من قلب المفاعل ·

وكان الامل يحدو الفنيين أن يصلوا الى هذا الضغط الذى عنده تفتح هذه الخزانات وهذا بدوره من شأنه أن يقوم بتشغيل نظام منفصل لتتخلص من الحرارة والذى من شأنه تبريد وسيط التبريد نفسه وذلك بتدفق مياه نهر « ساسكوى هنا » داخل مبادل حرارى · ولكنهم تخلوا

عن هذه المخططات عندما تحقق لهم أنهم لن يستطيعوا الوصول بالضغط الى درجة منخفضة بما فيه الكفاية ويمكن معها بدء تشغيل خزانات الفائض ومضى من ٥ الى ٦ ساعات دون تحليل لهذه الأزمة ويبدو ان تلك الفترة من الضغط المنخفض والتى امتدت طويلا قد ساعدت على تسرب غاز الهيدروجين من مجموعة التبريد – اضافة الى الهيدروجين – والذى سبق تسربه من محبس المدد المفتوح فى داخل المبنى الحاوى Conainment Building حيث اشتعلت · فان هذا الهيدروجين الذى تسرب بعد ذلك كان كافيا لأن يساعد الفنيين فى أولى خطوات نجاحهم · ولكن بعد مرور ١٣½ ساعة بدأوا تشغيل مضخات تبريد المفاعل · وبعد ١٥ ساعة وخمسين دقيقة من الحادث – وبناء على هذه البداية الناجحة تمكنوا من تشغيل المضخة الثانية · ومنذ تلك اللحظة كانت المسألة مسألة وقت حتى تستقر الأحوال ·

هل تأثر الرأى العام الامريكى بهذا الحادث :

كان – وحتى قبل وقوع هذا الحادث – المضى فى استخدام الطاقة النووية تقيده اعتبارات جماهيرية الى جانب التزام الحكومات جانب الحذر الذى تمليه التحديات الكبيرة متبلورة فى التساؤلات عن تأمين سلامة المفاعلات النووية · وهذا بطبيعة الحال أصبح أكثر الحاحا بعد هذا الحادث ·

وعلى الرغم من كل ذلك ففى استفتاء شعبى اجرته ال ABC News فى مايو ١٩٧٩ اى بعد أقل من شهرين من وقوع الحادث تبين ان ٥٢٪ من الرأى العام الامريكى يؤيد بناء محطات نووية بينما عارض ٤٢٪ · كذلك فى استفتاء بين أعضاء معهد المهندسين الكهربائيين والالكترونيين والمنتشرين فى جميع انحاء العالم تبين ان ٨٣٪ منهم يرون استخدام وتطوير المحطات النووية ولم يعارض الا ١٣٪ ·

وخلاصة الرأى فان الطاقة النووية يمكن ان تسهم اسهاما فعالا فى امداد العالم بالطاقة · وهذا الاسهام حاليا اغلبه بشكل طاقة كهربائية وعلى كل ففى المستقبل ستكون هنالك دوافع لامداد جزء من هذه الطاقة فى تطبيقات الحرارة المنخفضة والعالية · وهناك مجال يمكن الاستفادة فيه بالطاقة النووية وهو مجال « صناعة الوقود الصناعى فى الحالة المائعة » ولقد امكن فعلا لاحدى مجموعات العمل فى « جوليش » من تقدير الوفر نتيجة لاستخدام الوقود الصناعى محل البترول والغاز الطبيعى عام ٢٠٢٠ بحوالى ١٠ بلايين طن من البترول والغاز الطبيعى المكافىء اذا ما

استخدمنا مفاعلات الحرارة العاليه والتى تبرد بالغاز وذلك لتحويل الفحم الى الى هيدروكربون فى الحالة المائعة وهذا يستلزم استهلاك حوالى نصف هذه الكمية من الفحم مع حوالى ربع مليون ميجا جرام من اليورانيوم وهذا جزء بسيط من الاحتياجات المقدرة لتوليد الطاقة الكهربائية اللازمة ٠

الوضع الحالى والمستقبلى للطاقة النووية :

حسب التقديرات التى وردت بوقائع المؤتمر العالمى العاشر للطاقة والذى انعقد بمدينة اسطبول فى سبتمبر ١٩٧٧ فان الطاقة النووية تمد العالم ـ فى عام ١٩٧٧ ـ ونعتقد أنها لا تختلف كثيرا الآن بحوالى ٤ ٪ فقط من احتياجات العالم الكهربائية ٠ ومعظم هذه النسبة بالدول الصناعية المتقدمة ٠

ولتقدير « كم يمكن للتكنولوجيا النووية أن تحل محل التكنولوجيا التقليدية فى انتاج الطاقة الكهربائية فقد امكن للأساتذة » « فيشر وبراى » (الناشر جون ويلى عام ١٩٧١) عمل نموذج رياضى مبسط للاجابة على هذا السؤال باستخدام بعض نظريات التنبؤ واتضح منه ان هذا الجزء سيكون أقل قليلا من ٥٠٪ ولو أن مصادر اخرى تقدر المساهمة بحوالى ٦٥٪ عام ٢٠٢٠ وعلى كل حال ازاء الارتفاع الكبير فى اسعار البترول وقرب نضوب مصادره مع الاتجاه الاقتصادى لاستخدامه فى صناعات البتروكيماويات فى نفس الوقت مع ارتفاع معدلات استهلاك الطاقة تجعل البديل النووى هو تقريبا البديل الوحيد أو على الاقل الأساسى لمواجهة الطلب العالمى على الطاقة ولا سيما وان مصادر الطاقة الأخرى المتجددة لا يمكن لها أن تقابل أكثر من ف ٪ « خمسة » فقط على الطلب العالمى على أقصى تقدير وذلك عام ٢٠٢٠ ٠

حل المعادلة :

ازاء الضرورة المستقبلة الملحة لاستخدام الطاقة النووية لمقابلة الطلب العالمى على الطاقة بحيث أصبحت هى فعلا أمل البشرية فى هذا المجال ٠ وازاء التحديات الجماهيرية وحذر الحكومات اتجاه التصريح باقامة منشآت نووية فيمكن حل هذه المعادلة الصعبة بالسير قدما فى تنفيذ البرامج النووية مع الأخذ فى الاعتبار الحل الجذرى للمشاكل التالية :

(أ) التخلص بطريقة آمنةمن النفايات الذرية فيمكنوضع نواتجالانشطار النووى داخل أوعيه خاصة ودفنها داخل تربة رملية مرطبة بالماء فى مكان لاتمتد اليه الأيدى ٠

(ب) ضمان نقل التغذية الكهربائية بكفاءة مقبولة من المحطات النووية الى مراكز الاحمال حيث ان هذه المنشآت تكون فى مواقع متطرفة بعيدا عن المراكز الصناعية والسكانية ·

(جـ) لابد من الاستغناء وفك المحطة النووية بمجرد انتهاء عمرها الافتراضى بعكس مـاقد يحدث مع المحطـات الحرارية التى تعمل بالفحـم أو المازوت ·

(د) اعادة النظر فى صناعة الاجهزة والمعدات المستخدمة فى المحطة بحيث تكون مأمونة ضد تسرب الاشعاعات داخلها ·

(هـ) وضع قواعد (أو لوائح) تمنع الاعتبارات المالية من أن تفرض قيودا على طرق التصميم أو التشغيل عملا بمبدأ السلامة قبل كل شىء ·

اما بالنسبة لخطورة المحطات النووية على العاملين فيذكر البروفيسور « فوستر » (نائب رئيس اللجنة القومية الكندية لمؤتمر الطاقة العالمى) ان هذه لاتتجاوز نسبتها ما يتعرض له الانسان أثناء سعيه اليومى · وهذا بطبيعة الحال مع افتراض اخذ عوامل الامان ـ والتى ذكرنا بعضها اعلاه ـ فى الحسبان ·

تعريفات وردت بالكتاب

تـــــيرا = ألف بليون = 10^{12}

جيجـــا = بليـــون = 10^{9}

ميجـــا = مليـــون = 10^{6}

كيلـــو = ألـــف = 10^{3}

١ كـــواد = مليون بليون (10^{15}) وحدة حرارة بريطانية

= ١٨٠ مليون برميل فى النفط

= ٤٢ مليون طن (أو ٣٨ مليون طن مترى) من الفحم البتيومينى

= ٢٧ جيجا متر مكعب من الغاز الطبيعى

١ طن فحم مكافىء = ٧ جيجا كالورى

= ٣ر٢٩ جيجا جول

طن نفط مكافىء = ٤٤ جيجا جول

(اكساجول) = مليون تيراجول = 10^{18} جول

= ٧ر٢٢ مليون طن نفط مكافىء

متطلبات محطة قوة كهربائية قدرتها ١٠٠٠ ميجاوات كهربى وتعمل بمعامل سعة (٧٥٪) هى : –

– ٣٣ طن (٣٠ طن مترى) من اليورانيوم

– أو ٣ر٢ مليون طن (١ر٢ مليون طن مترى) من الفحم

– ١ر١٠ مليون برميل من الزيت الثقيل (المازوت)

– أو ٨ر١ بليون متر مكعب من الغاز الطبيعى

أما مكافئات وحدة الطاقة الكهربائية – ١ ك.و.س فهى

- الطاقة اللازمة لرفع ١٠ طن مترى لمسافة ١١٧٫٥ قدم .
- أو الطاقة التى يستهلكها فى المتوسط شخص ما خلال ٢٤ ساعة .
- أو الطاقة الحركية لسيارة وزنها ١١٫٥ طن تجرى بسرعة ٥٦٫٢٥ ميلا فى الساعة .
- أو الطاقة اللازمة لتشغيل مصعد يسع ٤ أشخاص ٢٠ دورة كاملة فى مبنى من ٤ طوابق .

وللحسابات العملية فتعرف الطاقة النووية والطاقة المائية الأولية بأنها تساوى الطاقة الكهربائية المقابلة المولدة مقسومة على ٠ر٣٥

فمثلا ١ اكساجول من الطاقة النووية الأولية عند معامل حمل ٧٠٪ تقابل تقريبا ١٦ جيجاوات كهربى من سعة التوليد .

أما الخروج الكهربى الصافى فيعرف بأنه يساوى ٠ر٨٥ من الخرج الكهربى الكلى ويساوى ٠ر٨٥ × ٠ر٣٥ = ٠ر٢٩٨ من الطاقة الأولية الداخلة .

المراجــع

مراجع بالعربية :

١ ـ وقائع مؤتمر مجلس بحوث الطـاقة ـ أكاديميـة البحث العلمى والتكنولوجيا بمصر ـ مايو ١٩٧٣ .

٢ ـ وقائع المؤتمر الثانى لمجلس بحوث الطاقة ـ أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا بمصر ـ مايو ١٩٧٥ .

٣ ـ وقائع المؤتمر السنوى الأول لمجلس بحوث البترول والطاقة والثروة المعدنية ـ أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا بمصر ـ نوفمبر ١٩٨٠ .

٤ ـ البترول وانهيار الغرب ـ مجلة السياسة الدولية ـ عدد أكتوبر ١٩٨٠ .

٥ ـ بيان وزارة الكهرباء والطاقة بمناسبة انعقاد المؤتمر العام الثانى للحزب الوطنى الديمقراطى .

٦ ـ « ماذا تعرف عن المواد النووية فى شبه جزيرة سيناء ؟ » ـ دكتور فتحى محمد أحمد مجلة العلم ـ العدد ٧٦ ـ يونيو ١٩٨٢ .

٧ ـ « الجديد فى أبحاث الطاقة الكهربائية » ـ دكتور محمود سرى طه ـ مجلة المهندسين ـ العدد الثانى ١٩٨٠ .

٨ ـ « تكنولوجيا تخزين الطاقة » ـ دكتور محمود سرى طه ـ مجلة العلم ـ العدد ٧٥ ـ مايو ١٩٨٢ .

٩ ـ « الطاقة على جرعات » ـ دكتور محمود سرى طه ـ مجلة العلم ـ العدد ٧٦ ـ يونيو ١٩٨٢ .

١٠ ـ « الدور النووى لحل مشاكل الطاقة » ـ دكتور محمود سرى طه ـ مجلة المهندسين ـ العدد السادس ١٩٨٥ .

مراجع بالانجليزية :

1. GOVET and GOVET, WORLD Mineral Supplies, Elsevier, 1976.

2. PRIEST, J. «Energy for Technological Society» Addison-Wesely, Lodon, 1975.

3. GENERAL ELECTRIC ,«Nuclear Power Quick Reference» 1977.

4. WORLD ENERGY RESOURCES, 1985-2020-The Energy Conference, IPC Science and Technology Press, 1978.

5. RUBINSTEIN, E, «The Accident that Shouldn't have happened», IEEE Spectrum, November, 1979.

6. KAPLAN, G «Nuclear Power Around the World», Ibid.

7. RIPPON, S. «Nuclear Power in Western Europe», Ibid.

8. RIPPON, S. «Nuclear Power in Eastern Europe», Ibid.

9. KAPLAN «Nuclear Power in Japan», Ibid.

10. AEG, «Electrical Tables, and Engineering Informations.

الفهرست

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الايداع ١٩٨٦/٢٠٨٧

٦ ـ ٠٩٠٩ ـ ٠١ ـ ٩٧٧

يتناول الكتاب بابين رئيسين هما :

الباب الأول عن الطاقة التقليدية : ــ وحرر فى سبعة فصول تشمل عرضاً لأزمة الطاقة وتصورات حلها واحتوائها ــ النفط التقليدى وغير التقليدى ــ الغاز الطبيعى ــ الفحم ــ الطاقة المائية ــ مصادر الطاقة التقليدية فى مصر ثم تكنولوجيا تخزين الطاقة .

والباب الثانى عن الطاقة النووية : ــ وحرر فى ستة فصول تشمل التعريف بالطاقة النووية وتطوراتها فى العالم . دور الطاقة النووية لحل مشكلة الطاقة فى العالم ــ الوقود النووى وتقديرات الطلب عليه . حول العالم مع الطاقة النووية مع عرض لمواقع وسعة المفاعلات القائمة والمزمع إقامتها ــ مصر وعصر الطاقة النووية مع مناقشة أسباب حتميتها ، ثم تحليل لحادث وقع للمفاعل النووى بولاية بنسلفانيا الأمريكية .

الثمن ٢٥٠ قرشا

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب